

Die Vorwelt und ihre Entwickelungsgeschichte

Ernst Friedrich Rudolph Karl Koken

Die Vorwelt

und

ihre Entwickelungsgeschichte

von

Friedrich Rudolf Karl

Dr. Ernst Koken,
Professor an der Universität Königsberg.

Mit 117 Abbildungen im Text und 2 Uebersichtskarten.

Leipzig
T. O. Weigel Nachfolger
(Chr. Herm. Tauchnitz)
1893.

VORWORT.

Es ist keine leichte Aufgabe, das in mühsamer Arbeit von Hunderten von Forschern zusammengetragene Material den gebildeten Kreisen, den Freunden der Natur und der Naturforschung, den Mitarbeitern auf anderen Gebieten der Wissenschaft in solcher Form zu bieten, dass über die Einzelheiten hinweg der Blick frei auf das Ziel fällt, dem wir zustreben. Geologie und Palaeontologie bedürfen eines grossen Apparates von Fachgelehrsamkeit, für deren Verbreitung über den Kreis der Mitarbeiter hinaus noch wenig geschehen und, offen gesagt, auch der Boden noch wenig vorbereitet ist. Hieran scheiterte schon mancher Versuch, die Probleme der Erdgeschichte dem Wissensschatze unseres Volkes zuzufügen. Es ist unmöglich, ein Buch wie das vorliegende zu schreiben, das auf diesen Apparat ganz verzichtet, und es ist unmöglich, jenem Uebelstande auf einmal oder in kurzer Zeit abzuhelfen; der Erziehung in der Familie und in der Schule fällt diese Aufgabe zu. Im Anfange und in der Mitte dieses Jahrhunderts standen unsere gebildeten Kreise der jung erblühenden Geologie und Palaeontologie freundlicher gegenüber als jetzt, da sie doch im Wettbewerb mit den älteren Naturwissenschaften ehrenvolle Leistungen aufzuweisen haben und, abgesehen von der, allerdings Vielen unbekannten, hohen Bedeutung für das practische Leben, sich mit Fragen beschäftigen, die den Geist über die Region der Alltäglichkeit hinausheben und dem Genusse selbständigen Denkens zuführen. Die Natur reizt überall, im Hochgebirge und in der Niederung, zu diesem Studium an; ein Goethe gab sich gern der „allerseltsamsten, der einsamsten aller Neigungen" hin, die uns in Gegenden und Zeiten versetzt, wo die menschliche Stimme nicht mehr unser Ohr berührt, aber Felsen und Steine sprechen.

Wer unbeachtet aufwächst, nimmt Eigenheiten an, die im Verkehr störend und trennend hervortreten; bisher hat man sich um Geologie und Palaeontologie wenig gekümmert und man darf sich nicht wundern, wenn ihnen die gefälligen Formen der classischen und schönen Wissenschaften fehlen. Wo Gebildete aller Kreise an den Fortschritten einer Lehre Antheil nehmen, kommt es zu einem für beide gedeihlichen Austausch, gedeihlich schon nach der Seite des rein Formalen hin. Ein Archäologe oder ein Historiker braucht einige Minuten, um den Pfad zu ebenen, auf dem er seine Zuhörer leiten will, bei uns berührt schon die Terminologie fremdartig, alles und jedes will erklärt sein, und der Unterbau für das Verständniss eines einzigen Satzes nimmt unbefriedigende Proportionen an. Dennoch war es mein Bemühen, die vorbereitende Einleitung in mässigen Grenzen zu halten, und nur einige Capitel, die sich zu einem Ganzen abrunden liessen, sind als solche voraufgestellt; in den rein historischen Gang des Buches sind weitergehende Erklärungen, so viel es nothwendig schien, episodisch eingeflochten. Schliesslich habe ich die weniger bekannten Fachausdrücke aus unseren und den benachbarten Wissenschaften in Form eines Repertoriums am Ende zusammengestellt und hoffe, auch hierdurch die Verständlichkeit zu fördern. Wie ich mir selbst die Ereignisse und Erscheinungen der Erdgeschichte zurecht gelegt habe, so gebe ich sie wieder, und wie ich mich in manches Gebiet hineinarbeiten musste, so kann ich auch dem Leser die Mitarbeit nicht ganz ersparen. Mit populärer Verflachung wird Niemandem gedient, unserer Wissenschaft nur geschadet.

Literaturangaben sind im Allgemeinen fortgelassen; ich finde, dass diese Belege, in deren Einsammlung häufig ein gewisser Sport betrieben wird, nicht in ein Werk gehören, das der Anregung dienen soll und dem knappe Grenzen gesteckt sind. Diese sind trotzdem weit überschritten, und ich danke dem Herrn Verleger, dass er den grösseren Umfang des Buches nicht beanstandet hat. Ich hoffe, ein allein dem Kreise der Fachgelehrten gewidmetes Werk über denselben Gegenstand in absehbarer Zeit vollenden zu können; dort bildet ein sorgfältiger Literaturnachweis das naturgemässe Fundament.

Königsberg i. Pr., im Juni 1893.

Ernst Koken.

Inhalt.

Seite

Erstes Capitel.

Das Innere der Erde und die Erstarrungskruste.

Die älteste Geschichte der Erde wird nicht von Geologen, sondern von Astronomen und Naturphilosophen geschrieben. Die ungleichmässige Vertheilung von Materie im Raume, die Gesetzmässigkeit in der äusseren Gestalt dieser Zusammenballungen, ihre kreisenden Bewegungen und die Licht und Wärme spendende Natur des nächsten Fixsternes haben jene Kosmogonie hervorgerufen, die an die Namen Kant und Laplace geknüpft ist, eine belebende Emanation des menschlichen Genius, die auch jetzt den Ausgangspunkt bildet für jede Betrachtung der grösseren Welt, in der wir schweben, der kleineren, auf der wir unsere Spanne Zeit durchmessen.

Die Annahmen dieser Hypothese führen zu dem Schlusse, dass auch unsere Erde einst feuerflüssig war, dass sie aber mit zunehmender Erkaltung, durch Abgabe von Wärme in den kalten Weltenraum sich mit einer festen Kruste bedeckte, welche Gluth und Licht in das Innere gebannt hat. Die Erstarrungskruste wandelte den Stern in unsere Erde um, sie bildet den Boden für das Gebiet der Geologie, leider einen solchen, der unter den Füssen zu weichen droht, wo man ihn betritt. Für die wichtigsten Fragen der Geologie, für die Erklärung des Vulcanismus und der Gebirgsbildung, ist es nothwendig, die Natur der ersten Erstarrungskruste und das Verhältniss festzustellen, das zwischen dieser und der grossen eingeschlossenen Masse der Erde besteht, zu wissen, ob wir uns das Erdinnere, wie es v. Humboldt auffasste, als ein bewegliches Gluthenmeer vorzustellen haben, dessen Ebbe und Fluth gegen die feste Rinde pocht, oder, wohin sich vielfach die heutige Meinung neigt, als starr, regungslos gefesselt durch den übermässigen, allseitigen Druck der Erdrinde, wenn nicht gar erstarrt bis zum Mittelpunkte hin.

Wer den Vesuv besucht hat, erinnert sich der flüssigen Lava, welche dem Schlote des unheimlichen Kraters entsteigt. In der Tiefe des Mauna

Loa auf Hawaii brodelt Jahr aus Jahr ein ein Feuermeer. Sind das Quellen des Erdinneren, Zeugen seiner Beschaffenheit? Man muss diese Frage vorsichtig discutiren.

Das Magma. Die Lava kann ein primär vorhandener Stoff, ein Magma sein, welches bei der Eruption sich aus dem Erdinneren empordrängt, oder aber eine Neubildung, die, jedesmal sich wiederholend, zur Eruption führt. Entscheidet man sich für den ersten Fall, so muss weiter gefragt werden: Giebt es eine zusammenhängende Magma-Sphäre unterhalb der Gesteinskruste (wobei das Ganze des Erdinneren noch immer nicht in Betracht kommt), oder sind nur Ueberreste eines früheren Zustandes noch vorhanden, deren Vertheilung im Grossen und Ganzen in der Anordnung der Centren und Reihen vulcanischer Thätigkeit sich widerspiegelt? Endlich aber, ist die Lava in der Tiefe der Erde, unter unvergleichlich hohem Druck und hoher Temperatur, in demselben physikalischen Zustande, wie im brodelnden Kratersee und im fliessenden Strom, oder wird sie erst durch die Eruption zu „Lava", wie später durch Erstarrung zum Gestein individualisirt?

Ich schicke die Worte einer anerkannten Autorität auf diesem Gebiete voraus.

Rosenbusch unterscheidet in der Geschichte eines massigen oder eruptiven Gesteins drei Perioden verschiedenartiger Entwickelung. „Die erste umfasst den Zeitraum, in welchem die Substanz desselben sich in den tiefsten Räumen der Erdkugel aus einer Metalllegirung durch Oxydation und durch Wasseraufnahme zu einer schmelzflüssigen Silicatlösung von hoher Temperatur ausbildete. Die Petrographie hat bis jetzt kein Mittel gefunden, von diesem Abschnitt, den wir die Vorgeschichte des Gesteins nennen, durch directe Beobachtung an irdischen Felsarten Kunde zu gewinnen. Aufklärung über die in diesem Stadium verlaufenden Processe können wir nur von dem Studium der Meteoriten, von dem Experimente und von der chemisch-physikalischen Speculation erwarten.

Die zweite Periode umfasst den Zeitraum der krystallinen Entwickelung des schmelzflüssigen Silicatmagmas innerhalb der Erde und möge daher die intratellurische Periode heissen.

Der dritte und letzte Abschnitt in der Bildung eines Gesteins beginnt mit dem Austritt desselben an die Erdoberfläche und schliesst mit der vollständigen Verfestigung desselben ab. Während dieser Effusionsperiode vollzieht sich wesentlich die Krystallisation, beziehungsweise die Erstarrung der sog. Grundmasse.

Auf diese drei Perioden der eigentlichen Gesteinsbildung folgt alsdann

endlich die Zeit der mannichfachsten chemischen und dynamischen Umwandlungen, welche wir als die metasomatische Periode benennen wollen."

Die Lehre, welche das einzig Beobachtete, die glühende Lavamasse, zum unmittelbaren Rückschluss auf das Erdinnere verwendet, ist einfach und gefällig. Vorsichtiger wird man vielleicht diejenige nennen, welche die Möglichkeit einer auf dem Wege von innen nach aussen erworbenen physikalischen Umgestaltung in Erwägung zieht.

Vergegenwärtigen wir uns zunächst, dass eine feste Kruste die Oberfläche bildet und dass in geringer Tiefe der directe Einfluss der Sonnenbestrahlung erlischt, dass dagegen von dieser neutralen Schicht an eine fortgesetzte, wenn auch ungleichmässige Zunahme der Temperatur in allen bisher erreichten Tiefen festgestellt ist. Am weitesten ist das Bohrloch von Schladebach bei Halle in das Innere der Erde gestossen, nämlich 1748 m. Die sehr genauen Temperaturmessungen sind von Dunker discutirt; die Anfangstemperatur bei 36 m betrug 8,8° R., die letzte Messung ergab 45,3° R. Im Durchschnitt entfällt auf jede Tiefenstufe von 49,6 m eine Steigerung der Wärme um 1° R.; das stimmt recht genau zu den Beobachtungen im Bohrloch von Sperenberg, wo die Temperatur nach je 42 m um 1° R. sich erhöhte. Zahlen sprechen; es ist unmöglich, diese Zunahme der Temperatur anders als durch die aus der Tiefe aufsteigende Erdwärme zu erklären.

Wir verlassen aber sofort den Boden der Beobachtung, wenn wir den aus allen Bohrungen, Bergwerken, Tunnelbauten u. s. w. erhaltenen Mittelwerth der Zunahme, 1° R. auf 40 m, als beständig und für alle Tiefen gültig einführen.

Man hat nicht nur, und wahrscheinlich mit Recht, die Beständigkeit des Temperaturgradienten angefochten, sondern weitergehend die Nothwendigkeit einer Zunahme bis zu einem Maximum, in welches auch der Erdmittelpunkt fällt, geleugnet. Man kann aber zugeben, dass Sackungen der durch Sickerwasser durchbohrten Erdrinde, dass chemische Vorgänge wie die Umwandlung der Feldspäthe in Kaolin, Oxydationen in Kohlenbergwerken u. a. Wärme erzeugen, ohne sich zu den weittragenden Folgerungen zu bekennen, welche Ultraneptunisten gezogen haben. Liegt bei den Rechnungen, die Mohr u. a. für sinkende, sich sackende Gesteinsprismen aufgestellt haben, der Fehler darin, dass die entstandene Wärme auf einen Punkt concentrirt gedacht wird während sie richtig vertheilt meist durch die Ausstrahlung direct compensirt wird, sicher nicht die Temperatur der Laven erklärt, so spricht andererseits die Gleichförmigkeit der Wärmezunahme unterhalb der neutralen Schicht gegen eine Rückbeziehung auf die so verschiedenartigen, so differente Wärmegrade

abgebenden chemischen Processe als Ursache. Damit erledigt sich auch die Annahme, dass der Urquell der Wärme intracrustal, in der Rinde selbst liege.

Die allgemeinste Ansicht stellt sich auf den Boden der von Kant und Laplace ausgesprochenen Nebularhypothese, die in ihrer präciseren Fassung von Roche durch die neuesten, mit dem Spectroskop und der Photographie im Bunde arbeitenden Methoden der Astronomie eine noch vor Jahren nicht geahnte Bestätigung erhält. Die Zustände der kosmischen Materie, welche jene Philosophen logisch als Consequenzen der Schwerkraft hinstellten, können nebeneinander beobachtet werden, und die zahlreichen Uebergänge, die Universalität gewisser Erscheinungen der Materie lassen den einzigen Schluss zu, dass dieses Nebeneinander nur die Momentaufnahme eines grossen Entwickelungsprocesses ist, in dem allerdings unser Sonnensystem die Rolle eines Atomes spielt. Die Umwandlung der Gravitationsenergie des Schrumpfens in moleculare Bewegung bedingt die Erhitzung und das Leuchten der Gase, die Ausstrahlung in den eiseskalten, auf 142 ° C. geschätzten Weltenraum die Verflüssigung und Verfestigung der Materie. Für die Temperatur ist aber auch massgebend, in welchen Abständen von einander die Molecüle ihre Arbeit verrichten; in ganz verdünnten Gasen, wie wir sie künstlich nur unter dem Recipienten der Luftpumpe erhalten, verursacht heftiges Schwingen und Gegeneinanderprall der Molecüle auch eine Erhitzung und Leuchten, ohne dass nothwendig eine höhere Mitteltemperatur überschritten wird. Aehnlich mögen sich viele Weltnebel verhalten. Erst grössere Verdichtung der dissociirten Gase fasst die Wärmeproduction in engere Grenzen und lässt die Grösse der in Wärme umgesetzten Arbeit deutlich hervortreten.

Die Nebularhypothese führt zu der Voraussetzung eines einstmaligen feuerflüssigen Zustandes der ganzen Erde. Denselben Schluss kann man aus der Gestalt der Erde nur bedingt ziehen, insofern das Rotationsellipsoid aus einer Flüssigkeit resultiren muss; indessen würde diese Gestalt auch erzielt sein unter der Annahme, dass der jetzige Zustand der Erde der ursprüngliche sei, denn selbst die uns zugängliche Kruste ist nachgiebig durch Risse, Fugen und Ductilität der Gesteine. Selbst die Wettstein'schen Rechnungen über die ungleiche Einwirkung der Anziehungskraft von Sonne und Mond auf verschiedene Theile der Erde sind nicht so einfach von der Hand zu weisen, denn wir benutzen dasselbe Moment zur Erklärung von Ebbe und Fluth, doch ist die Grösse dieser Störungen sicherlich überschätzt.

Wichtiger ist, dass der Schwerpunkt der Erde mit dem Mittelpunkt zusammenfällt. Da das specifische Gewicht der Rindengesteine (c. 3, höchstens 3,3) weit unter dem mittleren Gewicht des Ganzen (5,6) bleibt, so folgen dem

Mittelpunkte zu die schwereren Substanzen, und da der Schwerpunkt ident mit dem Mittelpunkt ist, auch in ziemlich gesetzmässiger Anlagerung; schematisch ausgedrückt, ordnen sich auch die verschieden schweren Stoffe in ideale Schalen, deren jede die Gestalt des Rotationsellipsoids hat. Man rechnet mit diesem Factor, wenn man die Abplattung aus der Rotationsgeschwindigkeit berechnet; man würde den Zufall in die kosmische Ordnung einführen, wenn man zur Erklärung dieses Verhaltens nicht auf den feuerflüssigen Zustand recurrirte. Auch die Pendelbeobachtungen zeigen, dass im Ganzen die Massenvertheilung unter der Erdoberfläche eine gleiche ist, und können zur Stütze herangeholt werden.

Bis jetzt haben wir die Frage erörtert, was war. Weit auseinander gehen die Meinungen (um strenge Beweise kann es sich hier nicht mehr handeln), was ist.

Wenn man z. B. aus der bei Schladebach und Sperenberg beobachteten Temperaturzunahme berechnet, dass in einer Tiefe von 71 000 m = 9,6 geogr. Meilen alle Gesteine nur in geschmolzenem Zustande existiren können, da die Schmelzhitze der Lava auf höchstens c. 2000° C. ermittelt ist, so führt man ausser der willkürlichen Annahme einer constanten Zunahme der Temperatur von 1° C. auf 33,7 m noch die weitere in die Rechnung ein, dass die an der Oberfläche beobachtete einfache physikalische Schmelzung auch für die Tiefe gilt. Wie der Schmelzpunkt unter dem colossalen Druck der allseitig geschlossenen Rinde (denn jede Spalte muss durch den schon in oberflächlichen Regionen herrschenden, gleichsam hydrostatischen Druck der Gebirgsmassen aufeinander in der Tiefe sich schliessen) sich verschiebt, entzieht sich jeder Berechnung, zumal eine völlige Durchtränkung mit Gasen und Liquiden angenommen werden muss.

Wie ist der jetzige Zustand der Erde aus dem feuerflüssigen abzuleiten? Diese Frage führt uns sofort zu der andern: ist das Erdinnere starr oder latent-plastisch oder fluctuirend? Die Abkühlung der oberflächlichen Schichten der Erde musste zu Ausscheidungen führen, die sich nicht nothwendig sofort zu einer zusammenhängenden Rinde schlossen. Thomson nahm an, dass die ersten Schlacken als specifisch schwerer dem Mittelpunkte zusanken und dass daher dieser zuerst eine feste Ausbildung annahm. Hier trifft die Voraussetzung nicht zu, dass die Körper beim Erstarren sich zusammenziehen; eine grosse Reihe sorgfältiger Experimente hat ergeben, dass viele, unter ihnen das wichtigste Metall, das Eisen, sich umgekehrt verhalten, und dass erstarrte Theilchen von Gusseisen, von Bismusch u. a. auf dem Schmelzflusse schwimmen.

Diese von Nies und Winckelmann zuerst begonnenen Versuche sind von

fundamentaler Wichtigkeit, zumal nach Lang auch Silicate sich ebenso verhalten und Siemens ähnliche Resultate durch seine Beobachtungen an Glasflüssen erhielt. Sie sprechen nicht zu Gunsten der Theorie, dass der Kern eines gluthflüssigen Erdkörpers fest sein müsse.

Eine in diesem Zusammenhang zu erwähnende Thatsache ist die, dass geschmolzene Substanzen bis mehrere Grad unter ihren Schmelzpunkt abgekühlt werden können, ohne zu erstarren, dass aber der geringste Impuls von aussen eine fast momentane Verfestigung des Ganzen hervorruft. Ein solcher Impuls kann durch die Conjunction von Sonne und Mond oder andere kosmische Einflüsse gegeben werden, indem eine heftigere Fluthbewegung die Kugel umkreist, auch durch Gaseruptionen und andere Agentien. Dann trat die Erstarrung der Rinde bis zu den Schichten herab, welche noch nicht erstarrungsfähig waren, plötzlich ein, und die v. Richthofen'sche Idee, dass die gleichmässigen wellenförmigen Streichungsrichtungen in den Gebieten des Fundamentalgneisses in der Art der Erstarrung ihren Grund finden, stimmt sehr gut zu dieser Betrachtungsweise. Einzelne, schon verfestigte Rindentheile mochten bestimmend auf die Richtung der Wellenkämme, die jetzt die Streichungslinie der Gneissfalten ist, einwirken. Die Dicke dieser primären Rinde abzuschätzen, ist unmöglich; sie schneidet wohl nicht scharf gegen das Innere ab. Nach manchen Beobachtungen, unter denen wiederum die von Siemens hervorzuheben sind, existirt ein Uebergangsstadium zwischen flüssig und fest, das als viscos oder zähflüssig zu bezeichnen ist, und man hat guten Grund, zwischen die feste Erdkruste und die noch ihre ursprüngliche Hitze bewahrende flüssige Erde eine zähflüssige Zone zu setzen, die sich nach Massgabe der Abkühlung gegen das Innere verschiebt.

Auch unter der hier eingeführten Voraussetzung, dass die zuerst erstarrenden Rindentheile specifisch leichter wurden, ist bedingt, dass die Rinde als Ganzes einen Druck ausüben musste, da sie ja zu gleicher Zeit eine Volumvergrösserung erfuhr, die sich auch gegen das Erdinnere geltend macht. Ob dadurch jede Bewegung gefesselt ist, wie zumeist angenommen wird, ist jedenfalls noch nicht bewiesen. Thomson bezieht sich auf die Erscheinungen der Ebbe und Fluth, der Präcession der Nachtgleichen oder was dasselbe sagt, die Umkreisung des Himmelspoles durch die Verlängerung der Erdaxe, und der Nutation, und berechnet, dass alle diese anders sein müssten, wenn man nicht der Erde eine Starre zuschreibt, welche mindestens gleich der des Glases ist. Hopkins gelangt auf dieselbe Weise zu dem Resultate, dass die Erdrinde die Dicke des vierten oder fünften Theiles des Erdradius besitzen müsste. Ein scharfer Conflict zwischen dem flüssigen Erd-

innern und der Erdkruste kann aber gar nicht erfolgen, weil die zähflüssige Zwischenschicht jedem Fluthdrucke des Erdinnern seitlich ausweichen kann und wie ein Kissen für die äussere Kruste dient. Auch ist, wie schon einmal hervorgehoben, die Annahme nicht richtig, dass die Erdrinde starr sei; sie ist vielmehr selbst plastisch und gewissen Fluthbewegungen zugänglich.

Thomson wie Hopkins setzen eine thatsächliche Verfestigung voraus, und der Sitz des Vulcanismus wird demnach rein intracrustal. Um den Schwierigkeiten zu entgehen, welche dem menschlichen Vorstellungsvermögen hierdurch erwachsen, das nun einmal mit dem Begriff der Lava den eines Vorraths an feuerflüssiger Substanz verbindet, wird von letzterem die Existenz von grossen Hohlräumen angenommen, Reservoirs, aus denen die Speisung der Vulcane erfolgt. Dutton's Theorie reiht sich hier an; grosse Partien der Erdrinde, Maculae genannt, gleichsam Faulflecken des Festen, sind in einem Zustande geblieben, der dem Ursprünglichen ziemlich nahe steht; es bedarf nur einer Aufhebung des Druckes, der diese Massen fesselt, um sie in ein Feuermeer zu verwandeln, welches ungestüm nach der Seite des geringsten Widerstandes seinen Weg fordert.

Wir müssen hier wieder resumiren. Das Gemeinsame der letztberührten Theorien ist die Leugnung eines unmittelbaren Zusammenhanges des Vulcanismus oder der Lavaergüsse mit dem primären Erdinnern. Wie dick man sich hierbei die Erdrinde vorstellt, kommt nicht in Betracht, denn nicht das Erdinnere ist mehr die Quelle der Lava, sondern die Erdkruste selbst. Hierher verlegt auch Mallet den Sitz des Vulcanismus, aber in anderer Weise. Jene beziehen sich immer noch auf ein primäres Magma, das zwar keine zusammenhängende Sphäre mehr bildet, sondern isolirte Flecken einnimmt, hier aber sich ebenso verhält, wie hypothetisch vom Urmagma verlangt wird, d. h. allseitig unter ungeheurem Druck steht und mit Gasen und Dämpfen gesättigt ist, sodass es im Moment der Entlastung aufschäumt wie eine kohlensäurehaltige Flüssigkeit, wenn der Verschluss der Flasche gelockert wird. Anders Mallet, der consequent das Magma aus der verfestigten Erdrinde ausschliesst. In einer weiter zurückliegenden Phase der Erdentwickelung, als die Erdrinde erst eine gewisse Dicke erreicht hatte, äusserte sich der Gewölbedruck derselben in seitlichen Zusammenschüben, denen die Leitlinien der heutigen Oberflächengestaltung ihre Bildung verdanken. Auch jetzt, wo die Rinde so dick ist, dass eine Communication zwischen dem Innern und der Oberfläche ausgeschlossen ist, sind dieses nach wie vor die Linien, in denen die Spannungen und Druckwirkungen ausgelöst werden. Hier drängen fortwährend die Gesteinsmassen gegeneinander, reiben, knicken

und zerquetschen sich, die Arbeit setzt sich in Wärme um, welche die Gesteine einschmilzt und bei einer Entlastung, die durch Wölbung höherer Gesteinsschichten eingeleitet werden kann, erfolgt die Rückwandlung in mechanische Arbeit — die Lavamassen werden herausgedrängt und Ursache der Eruptionen. In anderem Gewande ist diese Hypothese noch mehrfach verwerthet, auch sind die Anklänge an die später zu erwähnende Umschmelzungstheorie Hutton's beachtenswerth.

Da wir zunächst noch keinen triftigen Grund erfahren haben, weshalb dem gluthflüssigen Erdinneren jede Betheiligung an den Lavaergüssen abgesprochen werden soll, so kehren wir nochmals zu dem Punkte der Entwickelung zurück, wo die erste Erstarrungskruste sich gebildet hatte und untersuchen, wie der weitere Verlauf zu denken ist.

Schloss schon die Erstarrungskruste das Erdinnere fester zusammen, so muss dieser Druck sich fortwährend verstärken, sobald ein Theil der Zwischenschicht ebenfalls erstarrt und sich ausdehnt; in dem ausgeübten Gegendruck finden wir die Möglichkeit unmittelbarer Eruption, welche zur Nothwendigkeit wird, wenn eine Stelle der Erdrinde zu schwach ist, ihm zu widerstehen. In geistvoller Weise sind diese Vorgänge in die Erklärung des lunaren Vulcanismus eingeführt; in ihren letzten Consequenzen führen sie zur Zerstückelung des Ganzen, das durch die Expansion des immer mehr zusammengeschnürten Erdinnern schliesslich durch und durch zersprengt werden kann. Aus immer grösserer Tiefe sind im Verlauf der geologischen Perioden die Gluthmassen hervorgedrungen; in Uebereinstimmung mit der Theorie ordnen sie sich derart, dass zuerst Gesteine mit hohem Gehalt an Kieselsäure und geringerem specifischen Gewicht, später solche mit geringerem Gehalt an Kieselsäure, häufiger Beimischung von Eisenverbindungen (in den Basalten von Ovifak selbst reinem metallischen Eisen) und hohem specifischen Gewicht herausbrachen. In allen Erdgegenden bilden Granite oder doch vorwiegend kieselsäurereiche Gesteine die ältesten, basaltähnliche, basische Gesteine die jüngsten Glieder der Oberfläche. An der Allgemeinheit solcher Erscheinungen scheitert die Umschmelzungstheorie. Die wechselnde chemische Beschaffenheit der Sedimente müsste in den gelieferten Schmelzflüssen zu einem Ausdruck kommen, der die Regellosigkeit zum Gepräge hätte. Local mag sie ihre Bedeutung haben, aber selbst diese localen Erscheinungen lassen sich auch anders erklären. Da die Existenz einer magmatischen Sphäre zu irgend einer Zeit der Erdgeschichte nicht geleugnet werden kann, da die Meteoriten die Verbreitung analoger Erstarrungsgesteine auf entfernten Weltkörpern

darthun, warum sollen wir ihr den Zusammenhang mit den Eruptivgesteinen absprechen, deren Vertheilung in Raum und Zeit und deren chemische Beschaffenheit so ihre ungezwungene Erklärung findet?

Man kann aber auch von der Voraussetzung ausgehen, dass das Erdganze sich wie ein durch und durch starrer Körper verhalte, ohne dass dadurch die Erklärung der vulcanischen Ausbrüche zur Unmöglichkeit wird. Es werden sogar manche Schwierigkeiten vermieden, die Physiker in der Annahme eines gewissen Gegensatzes zwischen Rinde und Kern finden. Von der erstarrten, abgekühlten Gesteinsoberfläche aus führt mit zunehmender Temperatur und Belastung eine Reihenfolge von Uebergängen zu den noch unberührten Vorräthen von Erdmasse, welche ihre physikalischen Eigenschaften wesentlich der Herrschaft des auf ihnen lastenden Druckes verdanken. Chemische Differenzen, welche sowohl der Gravitation der schwereren Stoffe gegen das Innere hin wie den Strömungen und Mischungen des noch zum Theil aus dissociirten Stoffen bestehenden Gasballes, später der feuerflüssigen Kugel entsprangen, also gewissermassen die Componente aus einem nach Regelmässigkeit und einem nach Zerstreuung wirkenden Gesetze darstellen, sind vorhanden, aber der übermächtigen Herrschaft der physikalischen Bedingungen noch untergeordnet, so dass man in der That von einem physikalisch gleichen, nur potentiell weichen Magma sprechen kann. Man weiss, dass das Schmelzen der meisten Substanzen, aller die hier in Frage kommen, durch erhöhten Druck aufgehalten werden kann. Man kann die Temperatur eines festen Körpers continuirlich steigern, ohne dass er seinen Aggregatzustand verändert, schmelzflüssig wird, wenn man zugleich den Druck, unter dem er steht, in entsprechenden Verhältnissen steigert. Erschlafft dann der Druck, so gelangt die bis dahin in Inactivität gehaltene Temperatur zur Herrschaft, und der Körper schmilzt.

Auf die Erde angewendet, lässt sich ausführen, dass in den tieferen Schichten der Erde der Druck der höheren sich so gewaltig äussert, dass selbst die Temperaturen, die an der Oberfläche j e d e n festen Körper schmelzen oder gar verflüchtigen würden, nicht hinreichen, die Verflüssigung herbeizuführen. Eine Schwierigkeit liegt in der Ableitung dieses Zustandes aus dem eines feuerflüssigen Sphäroids, welches die Kosmogonie als Zwischenstadium fordert. In den tieferen Schichten einer flüssigen Kugel wird es zu ebenso gewaltigen Druckwirkungen kommen, wie unter den Schichten fester Materie; die Strömungen der Oberfläche, welche durch Gasexhalationen und durch Ebbe- und Fluthbewegungen hervorgerufen worden, wirken aber dem Druck bis zu grossen Tiefen entgegen, sodass wenigstens eine äussere Sphäre stets

schmelzflüssig bleibt, bis die Erstarrungskruste die Beweglichkeit der Oberfläche fesselt. Man sieht, wie diese Erwägungen zu jenen Theorien überleiten, welche die magmatische Zone zwischen die Oberfläche und einem von jeher starren Kern einschliessen. Man muss aber genau die Erstarrung der Erdrinde bei niederer Temperatur (durch Wärmeverlust) und ohne Druck von der Starre des Erdinneren bei enormen Temperaturen und unter enormem Druck unterscheiden. Sobald die Erdrinde gebildet war, schloss sich auch die magmatische Zwischenschicht in ihrem physikalischen Verhalten dem des Innern an; sie gewinnt das uns an der Oberfläche bekannte Verhalten wieder, wird erweicht und schmelzflüssig, sobald an irgend einer Stelle der Druck nachlässt. Ein solches Nachlassen des Druckes kann herbeigeführt werden durch Verschiebungen in der eigentlichen Erdrinde.

Das Emportreiben der weich oder flüssig gewordenen Massen beruht aber auf anderen Gründen, deren inneres Wesen uns noch immer unbekannt ist.

Der in den Tiefen herrschende Druck muss auch hier betont werden. Von Anfang an sind die gluthflüssigen Massen mit absorbirten Gasen getränkt, welche unter Druck gefesselt sind, bei aufgehobenem Druck stürmisch entweichen und ein Emporsieden der Massen veranlassen. In gasförmigen Zustand geht auch das Wasser über, das überhitzt, aber durch Druck doch als Flüssigkeit erhalten, jedem Magma beigemischt ist. Vermuthlich tritt bei dem hohen Grade von Lavaschmelzhitze (über 2000° C.) sogar eine Dissociirung der beiden Gase ein, die das Wasser bilden, des Sauerstoffs und Wasserstoffs, und erst in den höheren und weniger heissen Regionen vereinigen sich beide wieder zu Wasser, unter stürmischen Detonationen, welche heftige Eruptionen stets begleiten. Man kann das untere Ende einer mit Wasser gefüllten Röhre zum Glühen bringen, ohne dass die oberen Schichten wallen; bei grossem Druck kann die Verwandlung des Wassers in Dampf trotz sehr hoher Temperaturen vollständig verhindert werden. Dass dieses überhitzte Wasser eine grosse chemische Lösungskraft besitzt, ist durch zahlreiche Experimente nachgewiesen; es spielt sicher eine wichtige Rolle in der Chemie und Physik der Eruptivmassen, ist von Einfluss auf den Grad der Flüssigkeit, die Verschiebbarkeit der Theilchen und den Vorgang der Krystallisation innerhalb des noch glühenden, fliessenden Magmas. Dieser Wassergehalt kommt allen eruptiven Magmen zu, aber seine Herleitung stösst auf grosse Schwierigkeiten. Würden Spalten, die in grosse Tiefen hinabreichen, sich mit Wasser füllen, so würde, vorausgesetzt, dass kein Abfluss vorhanden ist, der eine Circulation veranlasst, in der Tiefe diese Ueberhitzung eintreten;

die Erdwärme steigt etwa mit 30—40 m um 1°, in der Tiefe wahrscheinlich langsamer, je 30 m eine Wassersäule bedeuten aber die Vermehrung des Druckes um 3 Atmosphären, sodass in grossen Tiefen selbst die stärkste Tension, die Tendenz sich zu Dampfform auszudehnen, diesen Druck nicht mehr überwinden kann. Allein nach ebendenselben Druckverhältnissen, welche die Flüssigkeit der Laven in grosser Tiefe aufheben, sollten sich auch klaffende Spalten selbst schon in relativ geringem Abstande von der Oberfläche schliessen. Der Druck, der schon bei einigen 1000 Metern herrscht, ist so stark, dass er die Festigkeit aller Gesteine und zwar allseitig übersteigt und alles zusammenschweisst, was von Rissen oder Spalten durchzogen ist. Es ist wohl möglich, selbst wahrscheinlich, dass heisse Wasserdämpfe nach der Tiefe hin diffundiren, aber ein directes Hinabreichen überhitzter Wassersäulen bis zur Sphäre des Magmas ist kaum denkbar, und selbst der oft wiederholte Hinweis auf die Schaarung der Vulcane an den Meeresküsten vermag die Schwierigkeiten, welche die Geophysik entrollt, nicht in den Schatten zu stellen. Vielleicht schreibt sich aber die Sättigung des Magmas mit Flüssigkeit aus uralten Zeiten her, als die Atmosphäre einen gleichmässigen und zugleich so starken Druck ausübte, dass trotz der hohen Hitzegrade an der Oberfläche die Wasserdämpfe zu überhitztem Wasser verdichtet wurden, welches dann vom Magma mechanisch gebunden wurde, sammt den in ihm diffundirten Gasen.

Die Entlastung giebt diesen vom Magma aufgesogenen Stoffen Gelegenheit sich loszureissen; indem zuerst an der Oberfläche die Flüssigkeiten in Gasform übergehen und die Gase siedend und spratzend entweichen, schäumt das Magma auf, entlastet dadurch wiederum tiefere Partien, bis schliesslich die Tension der Gase auch in der Tiefe das Uebergewicht bekommt und die ganze Masse gehoben wird oder quillt. Indessen umfassen diese Vorgänge nur einen Bruchtheil dessen, was nach den Beobachtungen an dem Aufbau der Erdrinde sich ereignet haben muss, nämlich die eigentlich vulcanischen Ausbrüche, die Ejectionen, oder das z. Th. mit explosiver Thätigkeit verbundene Emporsteigen an die Oberfläche. Spalten, die, wenn der Gebirgsdruck auch in der Tiefe ihre Wundränder wieder zusammenfügt, doch immer Orte geringeren Widerstandes sein werden auch für die Tiefen, gewissermassen Gleitflächen und zumal eine Druckerleichterung bedeuten, regen diese Vorgänge an; die reihenförmige Vertheilung vieler Vulcane und ihr Zusammenhang mit grossartigen Spaltenzügen ist in vielen Gegenden der Erde nachgewiesen.

Das Studium der alten Erstarrungsgesteine lehrt aber Lagerungsformen derselben kennen, die sich weit von dem Wesen eines Vulcanes entfernen

und offenbar ganz andere Modalitäten des Empordringens wie des Erstarrens verlangen. Unregelmässig gestaltete, gewaltige Massen sind in sedimentäre Gesteine in einer Weise eingeschaltet, dass man an grosse Hohlräume der Erdrinde gedacht hat, in welche das eruptive Magma sich ergoss, die es ausfüllte und in denen es zu einem krystallinischen Gestein erstarrte. Das sind die Batholithe von Suess. In anderen Fällen scheint das Magma sich erst auf Spalten quer durch die Erdrinde bewegt, dann aber zwischen andere geschichtete Gesteine eingezwängt zu haben; dabei wurde das Deckengestein allmählich emporgewölbt und im Contact verändert (Hangendcontact), bis die brod- oder kuchenförmige Masse erstarrte (Lakkolithe Gilbert's). Dies sind Beispiele, wo auch von der modernen Richtung eine thatsächliche Hebung von Schichten zu Gebirgsstöcken in Folge des Vulcanismus zugestanden wird. Eigenthümlich concentrisch, wie Zwiebelschalen angeordnete, in einander verlaufende petrographische Abänderungen (Schlieren Reyer's) machen es wahrscheinlich, dass noch lange Zeiten hindurch dieses massive Gebilde im Innern weich blieb und durch eingepresste Nachschübe aus der alten Spaltenöffnung wuchs oder auseinander getrieben wurde.

Nicht wesentlich sondern nur formal verschieden sind die Gänge, Spaltenbildungen im umgebenden Gestein oder in schon erstarrten Theilen des Eruptivgesteines selbst, welche dann ebenfalls mit Magma injicirt werden, wobei die physikalisch ungleichen Erstarrungsbedingungen häufig auffallend ungleiche Gesteine aus demselben Magma hervorgehen lassen.

Nach ihrer geologischen Erscheinungsform characterisirt Rosenbusch die eruptiven oder massigen Gesteine in folgenden Worten: „Die einen stiegen aus dem Erdinnern auf Spalten empor und erfüllten, ohne jemals die Erdoberfläche zu erreichen, höhlenartige, unregelmässige Räume, oder drangen von den Spalten her auf Schichtfugen und geotektonischen Absonderungsebenen zwischen die Sedimentmassen ein. Derartige Eruptivgesteine bilden also Stöcke, Gänge, intrusive Lager und Lagergänge, sie stehen in keinerlei nothwendiger Beziehung zu Vulcanen und Krateren und können selbstverständlich niemals von Tuffen (losem Auswurfsmaterial) begleitet werden. Sie mögen plutonische oder Tiefengesteine, intrusive Gesteine genannt werden. Die Bildung der unserer Beobachtung zugänglichen plutonischen Gesteine fällt [aus den oben angedeuteten Gründen] zumeist in weiter zurückliegende geologische Epochen. Die Erosion oder gebirgsbildende Vorgänge haben sie erst blosgelegt."

Batholithe, Lakkolithe und Injectionsgänge haben also das gemeinsam, dass das Magma die Oberfläche nicht erreichte, sondern im Innern der Erde

erstarrte. Bei Batholithen liegen Hohlräume vor, welche das drängende Magma gleichsam anziehen, und ähnlich sind manche Injectionsgänge zu beurtheilen.

Die Verschiebungen in der Erdrinde können die wie Kartenblätter aufeinander liegenden Schichten auch in ungleicher Weise angreifen, sodass Abblätterung und Aufwölbung eines Schichtcomplexes über einem andern entsteht. Das führt zu partiellen Entlastungen und ist der Anlass zu Batholithenbildung; es mag auch der Anfang zur Lakkolithenbildung sein. Die durch Reyer aufgestellte Theorie der intrusiven Nachschübe lässt aber die weitere Genese in einem ganz anderen Lichte erscheinen. Hier liegt nicht mehr Entlastung vor, hier ist kein Hohlraum, zu welchem das Magma aufbricht durch die Tension der emporschnellenden Dämpfe, sondern hier wird mühsame Arbeit geleistet, ein compactes Stück Erdrinde übermächtig auseinandergetrieben. Die tiefsten Schichten der Lavamasse können ihre treibende Kraft erst entfalten, wenn die Druckentlastung der oberen Regionen sich bis zu ihnen wie eine Wellenbewegung fortgepflanzt hat; diese fällt aber hier ganz fort und die Gase und Flüssigkeiten bleiben an die Tiefe gefesselt. Diese plutonischen Magmen sind passiv, und es bedarf einer activ hinzutretenden Kraft, sie zu bewegen. Dieselben Kräfte, welche die Aufstauchung der Gebirgsketten veranlassen und hier starre Sedimente wie weiche Massen verarbeiten, können auch die Magmen in Bewegung setzen und in die Fugen der Gesteine hineinpressen und dadurch auch diese wiederum auseinander treiben. Einen noch weiteren Gesichtspunkt gewinnen wir aber durch die Annahme, dass die erstarrende Erdrinde in Folge ihrer Volumvergrösserung einen Druck gegen das Innere ausübt, zugleich aber in ihrer Aussenschicht gelockert wird. Jener giebt das treibende Agens für das Magma, dieses die Möglichkeit, nach anderen Stellen der Erdrinde sich hinzubewegen.

Die Eruptivgesteine. Es ist darauf hingewiesen, dass alle Eruptivgesteine sich in eine Reihe ordnen lassen, deren einen Pol die leichtesten und kieselsäurereichsten, deren anderen die specifisch schwersten, kieselsäureärmsten (dagegen an anderen Bestandtheilen z. B. Eisen reicheren) bilden. Dieses Zahlengesetz in der chemischen Zusammensetzung, welches durch die Beziehung zum specifischen Gewicht einerseits, zu dem geologischen Auftreten andererseits einen vertieften Hintergrund erhält, verdanken wir Bunsen und Sartorius. Die physikalischen Gesetze verlangen, dass die schwersten Gesteine dem Erdinnern näher gerückt sind als die leichteren; wenn gegenwärtig und in der jüngsten geologischen Vergangenheit vorwaltend solche Eruptivmassen gefördert werden, die specifisch schwer und kieselsäureärmer sind, so lässt sich dies nur dahin deuten, dass die in früheren Aeren der Erdrinde benachbarten

magmatischen Zonen jetzt schon erstarrt, dieser zugefügt sind, und die neueren Laven aus grösserer Tiefe kommen.

Man kann aber die Eruptivgesteine auch nach ihrem Gefüge ordnen und wiederum erhält man eine Beziehung zur Tiefe; die Verhältnisse an der Oberfläche wirken anders auf die Erstarrung ein, als die der Tiefe, und es können hiernach aus demselben, sich chemisch gleichen Magma je nach der Höhenlage zur Oberfläche habituell und mineralogisch sehr verschiedene Gesteine resultiren. Abgesehen davon, dass die zur Oberfläche gelangenden Ejectionen durch die Gewalt der austretenden Gase meistens Tuffe und Auswurfsstoffe liefern, kann eine rasche Abkühlung an der Oberfläche z. B. dahin führen, dass das Magma wie ein Glasfluss erstarrt, ohne dass die einzelnen Minerale Zeit finden, sich in Krystallen auszuscheiden. In der Tiefe dagegen, unter hohem Druck und langsamer Abkühlung, bilden sich die Gemengtheile normal aus und es entstehen Gesteine von körnigem Gefüge. Sämmtliche granitische Gesteine haben körniges Gefüge, aber es wäre falsch zu sagen, dass diese granitische Textur ein Beweis des Alters dieses Gesteins wäre. Auch gegenwärtig erstarren feuerflüssige Gesteine in der Tiefe, aber kein menschliches Auge wird sie jemals sehen. Die gewaltigen Umänderungen und Abspülungen, die die Erdrinde seit den palaeozoischen Zeiten erlitten hat, haben auch die mächtigsten Sedimentdecken gelüftet, und uns ist es gestattet, vor uns zu sehen, mit unseren Füssen zu betreten, was einstmals viele 1000 Fuss tief im Schosse der Erde begraben war. In Jahrmillionen mögen jene granitisch oder plutonisch erstarrten Gesteine erst freigenagt sein, welche sich gegenwärtig bilden. Die nothwendige Ergänzung zu diesen Sätzen fordert aber, dass zugleich mit den Sedimenten, welche jene ältesten plutonischen Gesteine begruben, auch jene oberflächlichen Erstarrungsproducte entfernt und vernichtet sind, die als vulcanische Tuffe oder Laven als Gegenstück zu den plutonischen Graniten, Syeniten oder Dioriten gehörten oder doch gehört haben könnten. Dass sie fehlen, ist ebensowenig ein Beweis dafür, dass sie sich nicht gebildet haben, wie der anscheinende Mangel granitisch erstarrender Magmen in der Jetztwelt. Andeutungen alter Tuffe sind in der That gefunden, und von der Trias bis zum Tertiär kennt man eine Reihe von Gesteinen, die sich structurell und chemisch wohl mit Graniten vergleichen lassen. Triassische und liassische Sedimente sind von granitähnlichen Eruptivmassen durchbrochen und im Contact verändert, in den Pyrenäen und in Portugal besitzen gleichartige Gesteine cretaceisches und tertiäres Alter, auf Elba lagern Sandsteine und Mergel der Kreide- und Tertiärformation mit Graniten im Wechselverband.

Alles dies kann aber die viel allgemeinere Erscheinung nicht verwischen, dass die granitischen Ergüsse (nach Structur und Zusammensetzung granitisch) in den alten Formationen dominiren, die typischen Laven dagegen für die jüngste Zeit characteristisch sind. Wir müssen nochmals auf die Entstehungsbedingungen der Granite zurückgreifen.

„Die geologische Erscheinungsform der Tiefengesteine bedingt es, dass dieselben die dritte Periode einer normalen und vollständigen eruptiven Gesteinsentwickelung übersprungen haben. Die Verfestigung derselben vollzog sich vollständig in den Tiefen der Erde, d. h. unter hohem Druck und bei hoher Temperatur, vor allen Dingen aber unter physikalischen Verhältnissen, welche der ganzen Natur der Sache nach sich nur langsam und stetig ändern konnten. Der Vorgang ist also im Wesentlichen ähnlich demjenigen der Auskrystallisation einer gemischten Lösung und möglichst verschieden von demjenigen einer durch Wärmeabgabe bedingten raschen Erstarrung.“ (Rosenbusch.)

Man braucht aber nicht an ungeheuere Tiefen zu denken. Ein Spaltenzug von 35 km Länge, wie ihn die nahezu continuirlich aneinander gereihten Granite in der Hauptbruchlinie des sächsischen Granulitgebirges darstellen (bei einer Breite bis zu $1^1/_2$ km), soll nach Lehmann bis zu derselben Tiefe hinabsetzen oder doch wenigstens bis zur Hälfte der Tiefe, also zwischen 35 und $17^1/_2$ km. Brögger hat dargethan, dass zwar gegen die Annahme, dass sich Granit in diesen Tiefen bilden konnte, kein Gegenbeweis zu führen ist, dass aber mehrfach eine Bildung des Granits in weit geringerer Tiefe vor sich gegangen ist. Die lakkolithische Granitmasse von Drammen ist bei ihrer Bildung von höchstens 2000′ bedeckt gewesen (einige hundert Fuss Obersilur, 1000—1200′ Devonischer Sandstein, einige hundert Fuss Augitporphyrit und Rhombenporphyrdecken). An anderen Stellen des Christianiagebietes sind die Tiefen, in welchen die Tiefengesteine (die Augitsyenite bei Kodal, in Ramnäsch) erstarrt sind, mit grösster Sicherheit nur wenige hundert Fuss gewesen, indem sie hier bis in die Porphyrdecken hinaufreichen. Auch am Langesundfjord kann die Tiefe, in welcher die Erstarrung der Nephelinsyenite stattgefunden hat, nur einige hundert Fuss betragen haben. Bei Heivand zwischen Skien und Slemdal ist die Nordmarkitmasse ebenfalls von einer Rhombenporphyrdecke überlagert; es kann deshalb hier die Tiefe, in welcher die Nordmarkitmasse erstarrt ist, höchstens einige hundert Fuss betragen haben. „Diese Beobachtungen“, fährt der treffliche Gelehrte fort, „sind zahlreich und vollkommen sicher und sie beweisen unzweideutig, dass selbst eine Tiefe von vielleicht nur ein paar

hundert Metern genügt hat, um beim Erstarren der nicht die Oberfläche erreichenden Theile der aus der Tiefe aufgepressten Magmen echte ungranitische Massengesteine zu liefern. Ob auch in den von Lehmann angenommenen Tiefen beispielsweise 17500 oder 35000 m granitische Magmen zu Tiefengesteinen erstarrt sind oder nicht, darüber ist es ziemlich überflüssig zu speculiren, da wir nichts darüber wissen."

Schwerlich dürfte die Bezeichnung Anoterite, welche neuerdings gewissen Graniten zugelegt ist, die im Rapakiwigebiet vorkommen, und die Vorstellung, dass sie in höheren Niveaus krystallisirten als die „echten Granite", die Thatsachen ändern. Eine derartige Thatsache ist z. B. die hohe Lage auch der echten finnländischen Granite, welche im Verband mit Gneiss auftreten und sicher praesilurisch, vielleicht aber auch praecambrisch sind, wenn man es nicht vorzieht, sie direct als Theile der Erstarrungskruste aufzufassen.

Erstarrungskruste und krystallinisches Grundgebirge. Ob eines der bekannten Gesteine geradezu als diese Erstarrungskruste aufgefasst werden darf, ist eine Frage, über welche die Ansichten weit auseinandergehen. Das Schicksal dieses ersten Fundamentes kann von den vielgestaltigsten Factoren beeinflusst sein, und es fehlt nicht an Stimmen, welche seine völlige Zerstörung behaupten. Unter der Voraussetzung, dass die mit der Rindenbildung eingeleitete Erstarrung des Erdballes seit jener Zeit Fortschritte gemacht habe, kann man nur weiter folgern, dass die Erstarrungskruste sich nach innen verstärkt. An ihrer Oberfläche arbeiten dagegen fortwährend die Kräfte der Verwitterung und Abspülung, und was von den hochgewölbten Theilen der Rindenschicht abgetragen ist, wird in den weiten Mulden oder Senkungsgebieten wieder zusammengehäuft, um hier neue Gesteine zu bilden, welchen die Erstarrungskruste als Träger dient. Während also an einigen Stellen die Erstarrungskruste einer Zerstörung oder doch der Verdünnung anheimfällt, für deren Grösse die Masse aller später gebildeten Gesteine mit Ausnahme der eruptiven, den Massstab abgiebt, ist sie an anderen Stellen überhäuft von den Trümmern ihres eigenen Körpers. Durch Abnutzung der zuerst gebildeten Rinde liegen also die später gebildeten inneren Rindentheile dort der Oberfläche näher, hier dagegen in grösster Tiefe, weil durch die Anhäufung der Sedimente die primäre Kruste hier auch nach aussen gewachsen ist. Betrachtet man die Geoisothermen oder die Regionen gleicher Temperatur innerhalb der Erde als im Grossen und Ganzen concentrische Sphären, was für die Tiefen der Erdrinde wohl annähernd zutreffen wird, so ergiebt sich weiter, dass die gleichzeitig gebildeten Theile der Erstarrungskruste, welche durch spätere Vorgänge in sehr verschiedene Höhen-

lagen gerathen sind, und an einigen Orten direct die Oberfläche bilden können, während sie an andern von vielen tausend Metern anderer Gesteine überlagert werden, auch unter sehr verschiedene Wärmebedingungen gerathen sind. Zu den letzten Consequenzen getrieben, rundet sich dieser Gedankengang dahin ab, dass es Gegenden der Erde giebt, wo die tiefst liegenden Gesteine gar nicht mehr die Erstarrungskruste bedeuten, welche durch Erosion hier vollständig entfernt ist, sondern die ursprünglich darunter lagernden, aber genetisch jüngeren Producte der gegen den Erdmittelpunkt zu vorschreitenden Erstarrung, während in anderen Gebieten die tief unter der Last der Sedimente begrabene Kruste wieder in Regionen so starker Erhitzung hinabgedrückt ist, dass Einschmelzung oder doch völlig entstellende Umwandlung eintrat. Die Thatsache, dass nach aller Erfahrung die Erwärmung gegen den Erdmittelpunkt mit c. 40 m um 1° R. wächst, und die Angaben, welche allein die bis zum Schlusse der cambrischen Aera im Innern Nordamerikas auf dem krystallinischen Grundgebirge aufgethürmten Meeresabsätze auf über 60000'[1]) beziffern, geben dieser Hypothese einen gewissen Hintergrund.

Wenn wir uns aber auf den Boden der positiven Beobachtungen stellen, so müssen wir zugestehen, dass keine Erscheinung bekannt ist, welche solche Annahmen unterstützt.

Wo immer man den Aufbau der Erdrinde hat studiren können, liegt als tiefstes Gestein der Gneiss, ein Gemisch aus Quarz, Feldspath und Glimmer, und, ihm chemisch und mineralogisch gleich, nur durch das Gefüge geschieden, sein steter Begleiter, der Granit. Niemals ist unter diesen Urgesteinen ein anderes erschlossen worden, selbst dort nicht, wo sie zu scharfen Falten vereinigt, die höchsten Rücken der Gebirge bilden und in grosser Mächtigkeit aufgeschlossen sind. Von den runden Bergformen Skandinaviens und Finnlands senkt das alte Gebirge sich in die Tiefe und verschwindet unter den Kalkflötzen, Thonen und Sanden der baltischen Provinzen, aber die Tiefbohrungen in Petersburg wiesen es auch hier als den Sockel des Continents nach, welcher das älteste versteinerungsführende Gebirge trägt. In dem rheinischen Schiefergebirge sind den Ausbruchsmassen der jüngeren, jetzt freilich auch schon lange erloschenen Vulcane zuweilen Brocken von Gneiss und Glimmerschiefer beigemischt, welche aus unbekannten Tiefen mit heraufgerissen sind. In allen Ländern dürfen wir diese Fundamentalgesteine

1) Diese Zahlen dürften wohl stark zu reduciren sein. Verwerfungen, besonders bei steilgestellten Schichten, können den Thatbestand verschleiern; Deltaaufschüttungen zeigen gemäss der Juxtaposition des Materials eine Gliederung, welche eine Täuschung über die wirkliche Mächtigkeit veranlassen könnte.

vermuthen, wenn auch die Bewegungen der Erdrinde und die Last der aufgehäuften Sedimente sie um gewaltige Beträge gesenkt haben.

Dass wenigstens die sogenannten Fundamentalgneisse und die mit ihnen verbundenen Granite der ersten Erstarrungskruste angehören, erscheint sehr wahrscheinlich. Mit ihrer tiefen Stellung harmonirt die Universalität ihrer Verbreitung und der Character ihrer mineralogischen Ausbildung. Theoretische Erwägungen über die Bedingungen, denen selbst an der Oberfläche erstarrende Gesteine in jenen dunklen Tagen der Erdgeschichte unterworfen waren, führen zu der Annahme, dass ein kieselsäurereiches, leichtes und leichtflüssiges Magma mit ähnlichem Gefüge wie die plutonischen Massen späterer Zeit erstarren musste. Der regelmässige, endlos sich wiederholende Wechsel zwischen Lagen von Glimmer und Lagen von Quarz und Feldspath, der den echten Gneiss auszeichnet, ist kein Beweis für die sedimentäre Natur dieses Gesteines, da er sowohl primär, als sog. Fluidalstructur, wie secundär durch Druck erzielt werden kann.

Mit den ältesten Gneissen und Graniten, dem eigentlichen Urgebirge der Erde, verketten sich aber jüngere Gesteine, zum Theil auch Gneisse, dann besonders Glimmerschiefer und Glimmerthonschiefer (Phyllite) mit ihren zahlreichen Spielarten, die, in ihren Endgliedern zweifellos klastisch und im Wasser abgesetzt, eine continuirliche Verbindung auch der Fundamentalgneisse mit den Sedimenten herzustellen scheinen, welche die hier vorschwebenden Fragen ausserordentlich complicirten.

Alle sedimentären Bausteine der Erdrinde sind aus einer Zertrümmerung der Erstarrungskruste hervorgegangen, welche immer und immer wieder an den Grenzen von Meer und Festland und auf diesem selbst sich wiederholt. Die im Meere zusammenhängend gebildeten Schichten zerfallen sofort der Zerstückelung, sobald sie dem schützenden Schosse des Oceans enttauchen.

Die Grenze zwischen dem Fundamente der Rinde und ihren ältesten Derivaten ist darum so schwer zu ziehen, weil die später principiell verschiedenen Weisen der Entstehung der Gesteine aus feuerflüssigem und aus klastischem (Zertrümmerungs-)Material hier convergiren. Die Thätigkeit des Wassers tritt auch in den tieferen Schichten des archäischen Systems zuweilen hervor; sind auch die Gerölle, die man im Gneiss zu finden geglaubt hat, häufig, wie z. B. bei Stockholm, nur Ausscheidungen, so lässt doch manchesmal die gegenseitige Lagerung der Gesteine keinen andern Schluss zu, als dass die Wellen ein schon festes Gestein abgehobelt und neue Sedimente darauf abgesetzt haben.

Aber die Absätze des ersten Meeres mögen den durch Erstarrung ge-

bildeten Gesteinen noch ähnlich gewesen sein, und auch an ihrer Erzeugung waren Hitze und chemische Affinitäten eng betheiligt. Druck und Dislocation, welche den Habitus jedes Sediments zu verändern vermögen, traten später dazu, das gneissartige oder schiefrige Gefüge herzustellen, das allen diesen Gesteinen, die durch die Phyllite ganz offenbar in die normalen Meeresabsätze übergehen, den Namen der „krystallinischen, archäischen oder azoischen Schiefer“ verschafft hat.

Die Annahme, dass die krystallinischen Schiefer durch Metamorphismus veränderte normale Meeresabsätze seien, hat so allgemeinen Anklang wie nur je eine Verlegenheitstheorie gefunden, und hat auch hier über das Ziel hinausschiessen lassen. Die Erörterung dieser Frage steht seit Jahrzehnten im Mittelpunkte des Interesses, ohne dass der Thatbestand wesentlich aufgehellt wäre. Abgesehen von den Fällen, in denen die geologisch jüngeren Gneisse, welche in die Reihe der normalen Sedimente eingeschaltet sein sollten, auf Störungen und Verschleierungen der ursprünglichen Lage sich zurückführen liessen, liegen vielfach auch Trümmergesteine vor, die aus zerstörtem Gneiss und Glimmerschiefer zusammengebacken, auch wenn sie unmittelbar oder nachträglich den Habitus jener erhalten haben, nach Art und Zeit ihrer Entstehung in eine ganz andere Gruppe von Gesteinen gehören. Es giebt unbestrittene Beispiele metamorphosirter Schichten. Hier und dort hat der Druck der aufgehäuften Sedimente, in Verbindung mit dem in Faltungen und Zusammenpressungen sich äussernden Seitendruck sedimentären Schichten krystallinen Habitus verliehen, Kalk in Marmor, glimmerhaltige Sandsteine und Thonschiefer in Glimmerschiefer, Gneisse oder Phyllite verwandelt. Ein Druck, der allseitig die Festigkeit des Gesteines übersteigt, suspendirt gewissermassen seine physikalische Individualität, und ein neuer Impuls kann sie nach bestimmter Richtung beeinflussen. In der Nähe alter Eruptivstöcke ist der klastische Habitus alter Kalke und Schiefer in krystallinischen Neubildungen fast erstickt.

So zahlreich diese Fälle Dank den eifrigen Forschungen der letzten Jahre ans Licht gezogen sind, so leicht fallen sie ins Gewicht gegenüber der Folge der krystallinischen Schiefer der archäischen Zeit. Noch fehlt auch das letzte Wort in der Frage, ob die metamorphen Glimmerschiefer in Structur und Zusammensetzung wirklich mit den archäischen übereinstimmen, welche die characteristischen Eigenschaften primär erstarrter Massen haben.

Justus Roth, der sich mit der Lehre vom Metamorphismus des Grundgebirges nie versöhnen konnte, schrieb in seiner allgemeinen Geologie: „Erst wenn die Möglichkeit einer ursprünglichen Bildung der krystallinischen

Schiefer [1]) durch überwiegende geologische und chemische Gründe ausgeschlossen ist, wird man nach andern Erklärungsweisen zu suchen haben. Allein nie hat ein Metamorphiker die Nothwendigkeit ihrer metamorphischen, durch Umwandlung von Sedimenten bewirkten Bildung nachgewiesen; diese wird vielmehr einfach als bequemes und hergebrachtes Dogma angenommen. Dagegen spricht die schon oft angeführte Thatsache, dass die Gerölle und Geschiebe der krystallinischen Schiefer, welche in den ältesten Sedimenten vorkommen, genau dieselbe Beschaffenheit und Schieferung besitzen, wie die entsprechenden anstehenden Gesteine; die etwaige Umwandlung müsste demnach vor Bildung der ältesten Sedimente vollendet und, da später die krystallinischen Schiefer nicht wieder auftreten [2]), die metamorphosirende Kraft überhaupt erloschen sein. Eine Annahme, welche man mit der vom verlorenen „Stein der Weisen" vergleichen könnte."

Die Anschauung, dass Gneiss, Glimmerschiefer und Phyllite ursprünglich sedimentäre Gesteine seien, ist auf den Engländer Hutton zurückzuführen, der Ende des vorigen Jahrhunderts die Geologie durch die originelle Kraft seiner Ideen beherrschte. Seinen Zeitgenossen weit voran, vermochte er sich doch von der teleologischen Auffassung nicht frei zu machen, dass die Erde zur Wohnstätte für Menschen, Thiere und Pflanzen geschaffen wurde; an die Veränderungen dieser stets bewohnbaren Erde knüpfen alle seine geologischen Betrachtungen an. Nur mit heute und stetig zu beobachtenden Factoren darf der Geologe rechnen, nicht mit Zuständen, welche eine Erde zur Voraussetzung haben, die das Gedeihen von Organismen nicht zuliess, also auch eine glühende, krustenlose Kugel. Demgemäss entstand seine Theorie eines Kreislaufes der Gesteine. Von der gehobenen Erdveste spülen die Wasser beträchtliche Theile ab und führen sie ins Meer, auf dessen Grunde sie allmählich zu mächtigen Gebilden anwachsen. Immer die untersten Glieder dieser Schichtenfolge werden durch die unterirdische Hitze geschmolzen und drängen sich als Eruptivgesteine wieder nach oben, während die etwas weiter vom Centralfeuer entfernten nur erweicht werden und bei erhaltener Schichtung die metamorphischen Schiefer bilden. Die ausbrechenden vulcanischen Massen heben zugleich Theile des Meeresgrunds mit aus dem Wasser, an denen dann die abspülende Thätigkeit wieder einsetzt.

Ging Hutton von der Ansicht aus, dass den krystallinischen Schiefern

1) Als Erstarrungskruste des glühenden Erdballs.

2) Es wurde von Roth nicht zugestanden, dass die metamorphosirten Sedimente innerlich den krystallinen Schiefern gleich geworden wären.

analoge Gesteine nicht unmittelbar entstehen durften, weil das der Zweckmässigkeit der Schöpfung widerstreitet, so gestaltet sich bei Lyell, dem grössten englischen Geologen, die teleologische Betrachtungsweise in die rationalistische um, dass sie verändert sein müssen, weil man analoge Gesteine heute auf der Oberfläche nicht mehr entstehen sieht. Man bezeichnet diese an die Namen Hutton und Lyell anknüpfende Lehre, dass nur noch die heute wirkenden Ursachen zur Erklärung geologischer Erscheinungen zu verwenden sind, als Actualismus; aber thatsächlich hat auf keinem Gebiete der Geologie jemals ärgerer Mysticismus sein Wesen getrieben. Gegenwärtig sieht man wenigstens im Gneiss Theile der alten Erstarrungskruste; damit ist die Entstehung dieser Gesteine dem Verständniss wieder erreichbar geworden.

Ein Beispiel consequent durchgeführter Umwandlungstheorie liefern die Schriften der geologischen Landesaufnahme von Canada. Die archäischen Schiefer ruhen hier allerorten auf alten Gneissen, die man als Laurentische bezeichnet, die mit Graniten im engsten Verbande stehen und häufig auch eine Lagerung besitzen, die man nur als „intrusiv“ bezeichnen kann. Ihnen eine andere Entstehung als durch Erstarren aus einem Schmelzflusse zuzuschreiben, geht nicht wohl an; die für den Gneiss bezeichnende Schichtung wird darauf zurückgeführt, dass die Erstarrung zum Theil unter Druck erfolgte. Dieser Druck — und das ist der gefährliche Kreislauf der Theorie — wurde ausgeübt durch die Riesenmassen der überlagernden krystallinischen Schiefer, welche in eine Coutchiching und Keewatin Series gegliedert werden. Der alte Hutton'sche Gedanke erscheint hier in neuem Gewande: Die tiefsten Lagen der alten Schichtsysteme werden eingeschmolzen und die Reactionen dieses eingezwängten Schmelzflusses zeigen sich in der Stauchung, Dislocation und Umwandlung der im Hangenden befindlichen Gesteine. Die Grenze zwischen Laurentischem Gneiss und der Coutchiching Series ist also eine secundäre, durch physikalische Einflüsse festgesetzt, die ein weiteres Umschmelzen verhinderten; sie scheidet den Bereich des neugebildeten Magmas und die hartgebliebene Kruste, die stellenweise tief in jenes einsinkt, überall aber vollständige Umwandlung in Glimmerschiefer und geschichtete Gneisse erfuhr. Heisse, wässrige Lösungen, die von unten heraufsteigen oder heraufgepresst werden, bewirkten dieses, und ihre umbildende Kraft reichte auch noch in die höhere Keewatin Series. Berücksichtigt man die Lagerungsverhältnisse und die petrographischen Charactere der beiden oberen Abtheilungen, so stellt sich der ganze Kreislauf in folgender Weise dar. Aus einem alten Oceane wurden zuerst normale Sedimente abgesetzt; das Land hob sich oder das

Meer zog sich zurück und sein erneutes Vordringen ist durch eine Conglomeratbildung gekennzeichnet, welche die Bildung der Keewatin Series einleitet. Zugleich erfolgen lebhafte Ausbrüche vulcanischer Magmen, sodass die aufbauenden Gesteine meist Laven und Tuffe sind, unten alte Diabase, oben mehr Quarzporphyre. Inzwischen ist die Basis der erstgebildeten Sedimente wieder eingeschmolzen, demnach eine Laurentische Schmelzmasse von der Coutchiching Series abgeschieden und die Metamorphosirung von unten nach oben beginnt, welche letztere vollständig zu Gneiss und Glimmerschiefer macht, aber auch die Keewatin Series noch ergreift.

Immerhin bleibt die Scheidung auch der jüngeren, Coutchiching Gneisse von der Keewatin Series mit ihren Tuffen und Gauwacken eine auffallend scharfe, die Verbindung jener mit der Laurentischen Unterlage eine ebenso enge. Auch das Verhältniss zwischen dem Eruptionsherde, der die Gesteinsmassen der Keewatin Series lieferte, und der Laurentischen Masse ist ein schwer zu klärendes.

Die archäischen Gesteine, das gestehen die meisten Geologen, die sich mit dieser schwierigen Gruppe näher beschäftigt haben, ein, sind keine geologische Einheit, auch keine Formation im Sinne der historischen Geologie. Eine grosse Anzahl chronistisch und genetisch verschiedener Gesteine sind hier zusammengeschweisst als Gruppe zwischen dem Fundamentalgneiss und den ersten Meeresabsätzen mit organischen Resten. Ein Theil gehört der Erstarrungskruste, ein anderer den Niederschlägen der ersten, überhitzten Meere an, noch andere mögen viel jüngere, normale Sedimente sein, deren ursprüngliches Gefüge durch Druck entstellt ist.

Solange die physikalischen Bedingungen der Erdoberfläche denjenigen ähnlich waren, unter denen Tiefengesteine sich bilden, in kochenden Oceanen, auf gluthathmenden Continenten, in einer Atmosphäre, die mit Chlor- und Schwefeldämpfen geschwängert war, war die Existenz protoplasmatischer Wesen unmöglich. In Gesteinen, die in dieser ältesten Zeit sich gebildet haben, darf man nicht erwarten, auf Spuren organischen Lebens zu treffen. Organisches Leben erlischt, sobald seine Träger, die protoplasmatischen Substanzen, über 100° C., die Siedehitze des Wassers, erhitzt werden, unbedingt, meist schon viel früher. Die Temperatur der heissen Quellen Nordamerikas, in denen niedrige Pflanzen noch reichlich vorkommen und zur Abscheidung der Kieselsäure so wesentlich beitragen, bleibt immerhin weit unter diesen Graden. Man kann, wie ich glaube, den Schluss unbedenklich umdrehen und sagen, dass organisches Leben unter Bedingungen, die nach aller Erfahrung seine Existenz vernichten, auch nicht entstehen konnte. Wo immer Grund zu der Annahme

vorliegt, dass ein Gestein sich bei sehr hohen Temperaturen gebildet habe, sei es aus feurigem Fluss, sei es unter Mitwirkung überhitzten Wassers, oder durch die Einwirkung siedender Oceane auf die am Boden ausquellenden Massen — da wird man ohne Aussicht auf Erfolg nach Spuren von Organismen suchen.

Für die alten Gneisse und wenigstens einen Theil der krystallinischen Schiefer, soweit sie mit jenen verknüpft vorkommen, liegt der Fall so, und selbst, wenn nach allen auf die Gegenwart bezüglichen Beobachtungen kohlensaurer Kalk, phosphorsaurer Kalk und Graphit sich nur durch die Thätigkeit organischen Lebens ausscheiden oder aus organischen Körpern bilden könnten, müssten wir hier nach anderen Erklärungen für dieses Vorkommen suchen. Das Vorkommen von Graphit, von Stöcken körnigen Kalkes und von Apatit, obwohl es auf die jüngeren krystallinischen Schiefer beschränkt sein mag, involvirt nicht die Nothwendigkeit, die Beihülfe organischer Wesen zu ihrer Bildung anzunehmen. Kohlenwasserstoffe sind durch die Spectralanalyse selbst in glühenden kosmischen Materien nachgewiesen und ihre Zersetzung muss zur Abscheidung von Kohlenstoff geführt haben. Wenn in der Gegenwart chemische Niederschläge von Kalk keine Rolle spielen, sondern der Kreislauf dieses wichtigen Minerals wesentlich durch die Lebensthätigkeit der Organismen vermittelt wird, die ihn als Verhärtungsmittel, zu Skelettbildung, dem Wasser entnehmen, so berechtigt nichts, dies Verhältniss auf Zeiten anderer physikalischer Bedingungen auszudehnen. Grade die Art und Weise, *wie* die Organismen sich den Kalk verschaffen, legt den Gedanken näher, die erste Anhäufung desselben als primär, als Ausscheidungen anzusehen, durch deren Auslaugung er in die Meere gerieth. Primäre kalkhaltige Silicate sind so selten, dass deren allmähliche Zersetzung durch das Wasser kaum die für den Kreislauf des Kalkes nothwendigen Massen lieferte. Den Apatit der krystallinischen Schiefer auf Organismen zurückzuführen, erscheint um so schwieriger, als abgesehen von Lingula selbst in den ältesten cambrischen Zeiten keine Thiere bekannt sind, die phosphorsauren Kalk zur Skelettbildung verbrauchten und dies im grösseren Massstabe überhaupt erst durch die Knochenbildung der Wirbelthiere geschieht.

Die Möglichkeit für das Entstehen lebender Wesen wurde gegeben, als die Oberfläche der Erdrinde sammt den auf ihr angesammelten Gewässern die ihr noch innewohnende Wärme durch Ausstrahlung verloren hatte. Manche Erwägungen leiten zu dem Schlusse, dass die Dicke der Erdkruste im Verhältniss zum Erdkörper eine sehr geringe war und noch heute ist. Die Theorie des Druckes, den die Gesteine auf einander ausüben, verlangt, dass

klaffende Spalten in keine allzu grossen Tiefen hinabreichen können, sondern sich dort schliessen müssen. Die Eruptivmassen suchen sich dort ihren Ausweg, wo spaltenreiche Gebiete sind; diese werden auch dann, wenn sie in der Tiefe sich schliessen, schwächere Partien der Rinde darstellen, aber dennoch liegt hier eine Andeutung, dass in nicht zu weiter Entfernung von der Oberfläche das Reich der magmatischen Masse beginnt. Wir brauchen aber der Erdkruste keine grosse Mächtigkeit zuzuschreiben, um zu der Vorstellung zu gelangen, dass der gluthflüssige Kern den Gang der Temperaturen auf der Oberfläche nicht mehr wesentlich beeinflusste. Die Contactwirkungen der ausbrechenden Laven und selbst der in grösseren Tiefen erstarrten Granite schwächen sich schon auf geringe Entfernungen ab. Nicht die plutonischen Kräfte der Tiefe, sondern das freundliche Licht der Sonne spendete die Wärme für das Gedeihen der Organismen schon in ältesten Zeiten.

Solche Bedingungen mögen zur Bildungszeit der jüngsten archäischen Gesteine schon geherrscht haben, aber wir wissen es nicht; die Bildung der tieferen Gneisse und Glimmerschiefer fällt in Zeiten, wo der Erdball unbewohnbar war.

Zweites Capitel.

Die Gebirgsbildung.

Geschichtliche Werke pflegen sich in der Einleitung mit dem Character der Zeit zu beschäftigen, in der die zu entwickelnden Ereignisse anheben. Man zieht die Summe dessen, was als Vorbereitung des Abschnitts angesehen werden kann, um dem Leser eine breitere Basis des Urtheils zu geben. Eine Erdgeschichte sollte umgekehrt mit einer sorgfältigen Prüfung dessen, was um uns ist und geschieht, beginnen, die Kräfte, die sich heute in der Luft, im Wasser und in der Erde begegnen, durchkreuzen und verbinden, die Gesetze, welche das organische Leben von Pflanzen und Thieren regeln, aus der Fluth der Erscheinungen zu isoliren suchen. Das Verständniss der Gegenwart erschliesst sich aus der älteren Zeit, das des Anfanges kann nur aus der Gegenwart erwachsen. Eine Recapitulation der Lehren der allgemeinen Geologie würde aber ein Buch für sich füllen; im Verlauf der historisch fortschreitenden Schilderung mag das Eine oder Andere nachgeholt, hier aber nur Weniges, unumgänglich Nothwendiges vorauf gestellt werden.

Eine Wanderung ins Gebirge zeigt uns manchen lehrreichen Aufschluss fester Gesteine, aber im Allgemeinen werden wir die der Oberfläche entragenden Felsen verändert, morsch oder rissiger finden, als das in Steinbruchsbetrieben gewonnene frische Gestein. Viele Umstände vereinigen sich, seinen Zusammenhang zu lockern und es dem abspülenden Einfluss des Wassers auszuliefern. Die am Tage eingesogene Sonnenwärme strahlt des Nachts lebhaft aus; Erhitzung wechselt mit Abkühlung, Ausdehnung mit Zusammenziehen, und kleine Haarrisse erweitern sich, das Gestein weithin durchdringend. Ihnen folgt das Wasser; ein Frost verwandelt es zu Eis, treibt die Klüfte immer weiter auseinander und zersprengt den Fels. Ebenso wichtig ist die chemisch lösende Thätigkeit des Wassers. Kurz, überall auf dem Festlande wird an der Zerstörung des Festen gearbeitet.

Das atmosphärilische Wasser sinkt in den Klüften ein und tritt in Quellen wieder zu Tage, oft mit gelösten Mineralien beladen; das den Abhang hinunter eilende Sickerwasser rafft hier und dort den feinen Detritus zusammen, um ihn thalab zu führen; seine Kraft wächst, indem es sich mit anderen Wasseradern vereinigt und bald ist es stark genug, grosse Gerölle mit sich zu schleppen. Donnernd stürzt der vom Regen entfesselte Wildbach das eckige Trümmerwerk, das sein Bett füllte, in den Fluss, der das Thal durchzieht. In stiller, aber unaufhaltsamer Arbeit fegt der Gletscher den Schutt aus seinem Gebiete zusammen und überantwortet ihn den Bächen, die seinem eisigen Thore entströmen. So wandert alles Lockere vom Gebirge in die Flüsse und mit diesen weiter, bis die Transportkraft des Wassers erlahmt. Grobe Gerölle bleiben schon am Fusse der Gebirge liegen, wo der Fluss das sanftere Gefäll der Ebene annimmt, dann lagern sich Grand und Sand ab und nur die feinen, ruhelos im Wasser suspendirten Schlammtheilchen werden dem Meere zugeführt, neben den gelösten Mineralstoffen. Wo Flüsse mit kurzem, steilen Lauf in das Meer münden, häufen sie dort natürlich auch gröbere Gerölle an, und besonders liefert die Brandungswoge fortwährend die der Küste abgekämpften Trümmer dem Meere aus. Es entstehen aus den zerstörten Gesteinen des festen Landes wieder neue Ablagerungen auf dem Grunde des Meeres, in der Nähe der Küste kiesige und sandige, weiter hinaus schlammige und thonige; die beschalten Weichthiere, Korallen und Wirbelthiere entnehmen dem Wasser den zu ihren Hartheilen nöthigen Kalk, und aus ihren angehäuften, zum Theil zerriebenen Resten oder aus den Riffen ihrer Bauten entstehen neue Kalklager. Nach Jahrhunderten oder Jahrtausenden mag eine Hebung diese „Sedimente" dem Meere wieder entrücken; dann beginnt der Kreislauf von neuem.

Die Leiber der abgestorbenen Organismen sinken zu Boden und werden dort vom Schlamme umhüllt. Ihre Harttheile sind erhaltungsfähig, soweit sie aus mineralischen Stoffen bestehen (selten erhalten sich organische Verbindungen) und liefern die Versteinerungen, die wichtigsten Urkunden für die Geschichte der Erde. Dauerte die Sedimentbildung continuirlich mehrere geologische Zeitabschnitte hindurch, so veränderten sich auch allmählich die Arten; wir finden dann in den höchsten, also zuletzt gebildeten Schichten andere Formen als in den tieferen, und so registrirt die Natur selbst ihre Wandlungen in den Felstafeln der Erdrinde. Aus dem weichen Sand und Schlamm wird hartes Gestein; wenn die Bewegungen der Erdrinde das Land dem Meere enthoben, die Wasser sich verlaufen haben, so wird der frühere Meeresboden zum Baumaterial, aus dem unsere schönsten Gebirge errichtet sind.

Wäre ein Theil der Erdoberfläche seit den ältesten Zeiten unter dem Meer gewesen und erst in der Gegenwart gehoben, so müssten wir dort alle Absätze über einander finden, welche sich in dieser Zeit hätten bilden können, d. h. jeder Zeitabschnitt wäre durch eine Schicht vertreten, und die Versteinerungen dieser Schichtenfolge würden ein vollständiges Bild des allmählichen Wechsels der Meeresfaunen von der ältesten bis auf die jüngste Zeit liefern. Thatsächlich ist aber das Schwanken der Meere so bedeutend, dass die vollständige, mögliche Schichtenreihe nirgends vorhanden ist, ja, dass an den meisten bekannten Gegenden kaum drei grössere Gesteinsformationen lückenlos aufeinander folgen. Fortgesetzte Vergleiche haben erst die Reihenfolge kennen gelehrt, welche die gesammten geologischen Formationen beherrscht.

Wie in der Geschichte der Menschheit unterscheiden wir ein Alterthum, ein Mittelalter und eine Neuzeit und gebrauchen dafür die Wörter Palaeozoisches, Mesozoisches und Neozoisches Zeitalter, resp. Formation, wenn wir die Gesteinsabsätze als Verkörperung der erdgeschichtlichen Vorgänge heranziehen. Der dunkelen praehistorischen Zeit entspricht das Azoische Zeitalter, das durch den Mangel an Versteinerungen characterisirt ist und wahrscheinlich thierisches oder pflanzliches Leben noch nicht kannte.

Die weitere Theilung ist dann die folgende:

Neozoisch	Alluvium und Recent
	Quartär
	Tertiär
Mesozoisch	Kreide
	Jura
	Trias
Palaeozoisch	Perum
	Carbon
	Devon
	Silur
	Cambrium
Azoisch.	

Die Frage nach dem Ursprunge der Gebirge hat die Geologie mehrfach zu beantworten gesucht, aber es gehörte ein Jahrhundert mühsamer Einzelforschung dazu, den Werth dieser Antworten über den einer subjectiven Erklärung, mehr oder weniger geistvoller Speculation zu erheben.

So lange naturphilosophische Methode, bewusst oder unbewusst, den

Ausbau der Geologie leitete, zerschellte jede abweichende Beobachtung an dem rocher de bronce des souveränen Meinens, wie es grosse Gelehrte, welche sich die Welt nach einer Leitidee zu Rechte legen, Jahrzehnte lang den Zeitgenossen aufzwingen.

Wenn auch nicht zu leugnen steht, dass wir nach einer Epoche nüchternen Forschens wieder mehr und mehr in das Zeichen der deductiven Methode getreten sind, welche die Beobachtungen gelten lässt als Probe auf die Richtigkeit der Idee, aber nicht mehr die Idee von ihnen abhängig macht, so ist doch ein Theil des Fundamentes als gesichert zu betrachten. Möglichst rasch über die beklemmenden Schranken hinauszukommen, die unserer Naturerkenntniss gezogen sind, ist ein begreifliches Gefühl, das in Perioden sich stark und mächtig regt, nicht am wenigsten in unserem von Triumph zu Triumph stürmenden Jahrhundert.

Von dem rücksichtslosen Neptunismus Werner's, des Begründers unserer Wissenschaft, dem alle Gebirge nur durch Wasser bewirkte Ausfurchungen der Oberfläche waren, wandte sich die Gunst der Meinung der Erhebungstheorie Leopold von Buch's zu, die durch den Hinweis auf die geheimnissvolle und unheimliche Macht des vulcanischen Feuers dem Verständniss des Laien näher trat als die weniger imposante Thätigkeit erodirender Gewässer. Unbestritten herrschte die Hebungstheorie bis in die neuere Zeit hinein, sei es, dass man mit Elie de Beaumont eine gewaltige, sich rasch vollziehende Kraftäusserung des Erdinnern voraussetzte, welche auf vorgezeichneten, den Kanten eines Krystalles vergleichbaren Linien der Oberfläche jedesmal eine Gruppe von Gebirgen plötzlich hervortrieb, sei es, dass man mit der englischen Schule längere Zeiträume und weniger heftige Kräfte annahm und statt der Perioden gleichzeitiger Gebirgsbildung ein langsames aber stetes Anschwellen der Gebirgszonen.

Das aus den Continenten dem Meere zustrebende Wasser entzieht, wie wir sahen, dem festen Lande ungeheure Massen, die es in Form von Schlamm und Sand weit in die Meere hinausspült, bis die lebendige Kraft erlischt, und das Erdtheilchen allmählich seine Ruhe auf dem Meeresboden findet. Im Grossen und Ganzen müssen die in dieser Weise gebildeten Schlammschichten sich horizontal ablagern. Wird ein solcher Meeresboden wieder Festland, ist das Land gleichmässig dem Meere entstiegen und sind keine Verbiegungen eingetreten, so liegen die Schichten wie Tafeln horizontal oder annähernd horizontal übereinander. Solche Tafelländer machen dem Bewohner den Eindruck einer Ebene, mögen sie auch noch so hoch über dem Meeresspiegel liegen. Es existiren aber auch grossartige Beispiele der Zer-

legung des Tafellandes in einzelne Berge, welche durch tief eingeschnittene Thäler von einander getrennt werden. Hier wird Werner's Theorie zur Wirklichkeit. Die unermüdlich nagende Kraft des Wassers, im kleinsten Faden und im stolz brausenden Strome, hat diese Formen geschaffen, die ein labyrinthisches Durcheinander von Schluchten und einzelnen Bergen bilden. Berühmt ist der Grand Cañon des Colorado River, dessen erdrückende Thalwände bei der Regenarmuth dieser Gegend so scharf und kahl in die Höhe springen, als wären sie ausgemeisselt.

Dutton giebt in seiner Geologie des Grand Cañon Districtes eine beredte Schilderung dieser wunderbaren Gebirgslandschaft: „Wo immer man sich auf dem Kaibab-Plateau dem Cañon nähert, thut sich mit einem Schlage der Einblick in seine Tiefen auf; nur selten bemerkt man vorher ein Anzeichen, dass man dem Abgrunde näher ist, der Wald reicht bis an den Steilrand und die Fichten lassen ihre Zapfen in die bodenlose Tiefe fallen. Einen solchen Einblick gewinnt man von Point Sublime, einem weit vorspringenden Vorgebirge, das wohl vor andern an Grösse des Panoramas ausgezeichnet ist."

„Vom äussersten Ende des Point Sublime ist der Abstand bis zum nächsten Punkte der jenseitigen Uferhöhe 7 englische Meilen, aber die beiden Ränder sind von weiten Amphitheatern ausgebuchtet und treten daher für gewöhnlich bedeutend weiter auseinander. In das unmittelbare Gesichtsfeld, 50 Meilen lang und 12 Meilen breit, drängt sich eine ungeheure Menge von einzelnen Objecten, so riesenhaft, so majestätisch, so unendlich mannichfaltig in ihren Einzelheiten, dass man sie nur allmählich fasst und aufs tiefste bewegt wird von dem erwachenden Eindrucke. Unzweifelhaft tritt vor allem andern gross und überwältigend die jenseitige Thalwand entgegen; der menschliche Geist kann sich keine Vorstellung machen von einer 1 Meile hohen Felsmauer, die, in einer Entfernung von 7 Meilen gegenüberliegend, sich rechts und links in die Unendlichkeit zu verlieren scheint. Man fühlt sich erdrückt und überwältigt; wäre es noch eine senkrechte, glatte Wand, so fände sich ein Ruhepunkt, allein überall tritt in derselben die grösste Mannichfaltigkeit entgegen. Tiefe Amphitheater springen weit in das jenseitige Plateau ein, zwischen ihnen ragen mächtige Vorsprünge heraus, die in herrlichen Giebeln ausladen."

Diese versenkte Gebirgswelt ist die Arbeit eines einzigen Flusses, der seinen Lauf immer tiefer in die Schichten eingeschnitten hat, welche das Tafelland von Colorado bilden. Welche Kräfte gehörten dazu, die Gesteinsmassen zu überwältigen und die zertrümmerten thalab zu schaffen! Und

doch hat sich dieser Wandel in der Oberflächengestalt, geologisch gedacht, schnell vollzogen, denn es zeigt sich, dass noch Schichten aus der Tertiärformation dem Verbande gleichmässig gelagerter Sedimente angehören und dass der Fluss kaum vor Beginn der Pliocänzeit, eines der gegenwärtigen Zeit benachbarten Abschnittes des Tertiärs, seine zerstörende Thätigkeit aufnehmen konnte, die sein Bett um 6000 Fuss tiefer gelegt und in das Niveau der unteren Kohlenformation gebracht hat.

Aehnliche Wirkungen der oft unterschätzten Kraft des bewegten Wassers wiederholen sich in vielen Theilen der Erde. Die Tafelberge Südafrikas sind in analoger Weise aus den gleichförmigen Decken sedimentärer Gesteine herausgearbeitet, die man als Karrooformation zusammenfasst; sie bewahren ihre Gestalt, solange die Gipfelfläche durch die harten vulcanischen Gesteine, welche den weicheren Meeresabsätzen in Lagen eingeschaltet sind, Widerstandsfähigkeit entfaltet. Je mehr sie durch die Erosion eingeschränkt wird, desto mehr nähert sich auch die Gestalt des Berges einer Pyramide und die sog. Spitzkopjes krönt nur noch ein geringer Rest der alten Decke. Ist diese entfernt, so verfallen die Berge der Uebermacht der Verwitterung und Abspülung, falls nicht eine zweite, tiefer gelegene harte Bank auf einige Zeit Halt gebietet. Sie werden, was im Gebiet der Wüste die Franzosen „témoins“ genannt haben, Zeugen einer einstmals weiteren Ausbreitung der Schichtentafel, deren Rand sie jetzt wie Schildwachen umstehen. Denken wir uns eine solche in Tafelberge und Spitzköpfe aufgelöste Fläche dem Meere zurückgegeben, so entstehen Inselgruppen, wie die Färöer, welche in der That ein versunkenes Erosionsgebirge sind. Die malerischen Berg- und Felslandschaften in der sächsischen Schweiz und in der Gegend von Adersbach sind Beispiele aus unserem Vaterlande, wie Gebirge durch Zerstörung einer grossen Gesteinsdecke gebildet sind.

Auch die allmählich gegen das Elbthal gesenkte Fläche des Erzgebirges besitzt tiefe Thäler, welche den Besucher den ganzen Zauber einer Gebirgslandschaft fühlen lassen, während links und rechts von ihnen die Hochfläche sich gleichförmig ausdehnt.

Gegenüber allen anderen Gebirgen sind solche dadurch ausgezeichnet, dass nicht innere Erdkräfte ihre Entstehung hervorriefen, sondern äussere Agentien sie in die Erdrinde hineingeschnitten haben. Wenn wir von einem Gebirge verlangen, dass es sich über seine Basis erhebe, dass es einer Fläche aufgesetzt sei, so liegt hier der umgekehrte Fall vor, dass die Bildung an dieser Fläche einsetzt und nach unten vordringend erst Hügelland, dann Bergland schafft. Dort Aufthürmung der Massen, eine schaffende Thätigkeit, hier Ausräumung

und Zerstörung, das Walten verneinender Kräfte. Dass selbst die alten Steppenböden China's, in denen durch die Thätigkeit des Windes ein feinkörniger, kalkhaltiger Lehm, der sog. Löss, in erstaunlicher Mächtigkeit aufgehäuft ist, durch Erosion in Gebirgslandschaften verwandelt werden können, hat uns F. v. Richthofen in seinem grossartigen Werke über China vor Augen geführt. Das Regenwasser sinkt in diesem lockeren Boden rasch in die Tiefe, aber hier sammelt es sich zu Adern, welche erst kleine, dann grössere Höhlungen schaffen und einen Zusammensturz bewirken. Die Eigenthümlichkeit des Lösses, senkrecht abzustürzen, lässt die Schluchten wie gemauert erscheinen. „Hätte der Löss in seiner ganzen Mächtigkeit gleichmässige Structur, so würden solche Gegenden überhaupt nicht passirbar sein, denn dann würden die Schluchten als absolut senkrechte Spalten oft von mehr als 1000 Fuss Tiefe niedersetzen. Hier tritt als wohlthätiges Element die Anordnung der Mergelknauer in Lagen ein, durch welche die senkrechte Wand in einen Terrassenabfall verwandelt wird.“ „Ueberblickt man einen solchen Terrassenabhang in guter Jahreszeit von oben, so sieht man nichts als grünende Felder, während der Beschauer, der in der Schlucht steht, nur die gänzlich vegetationslosen Lösswände starr und gelb eine über der andern ansteigen sieht, jede am Rande von einer Reihe Grashalme begrenzt.“ Und nähert man sich diesen Gegenden, so schweift das Auge über eine weite Fläche, ohne die Abgründe zu ahnen, in denen der Fremdling ohne Ausweg bis zur Erschöpfung umherirren kann, wenn ihn nicht der Zufall zu einem chinesischen Dorfe bringt, die wie Ameisenbauten in die nackten Lehmwände hineingegraben sind.

Derartige Gebirgsformen sind ihrer Entstehung nach klar und die Theorie ergiebt sich als logische Folge des Beobachteten. Das Wasser, dieser Träger der Veränderung, des Lebens auch der todten Massen, hat sie geschaffen in seinem Streben, den kürzesten Weg zur Tiefe zu finden. In manchen Gegenden, besonders in heissen Klimaten, arbeitet der Wind dem Wasser in die Hände, ja übernimmt auch wohl, wie Walther zeigte, in Wüstenregionen seine Rollo ganz und gar. Die fürchterliche Sonnengluth des Tages, die starke Abkühlung der Nacht unterwerfen die Gesteine einem raschen Wechsel hochgradigen Ausdehnens und Zusammenziehens. Nicht selten haben Reisende beobachtet, wie unter den Wirkungen der Tropensonne die Steine klingend zerbersten und die trostlose Region der Hamada, der Steinwüste, liefert den Beweis, wie intensiv die Zerstörung vorschreitet. Das fliessende Wasser ist hier nur nach plötzlichen Strichregen bekannt; dann schiesst es mit elementarer Gewalt die ausgedörrten Thäler entlang, eine Fluth von

Schlamm und Steinen, die sorglosen Caravanen Verderben dräut. Dieser Paroxysmen des Wassers ungeachtet ist der Wind der Herr der Gegend. Beständig fegt er den Boden, entführt die lockeren Bestandtheile und sorgt dafür, dass Sonnengluth und nächtliche Kälte neue Angriffsflächen finden. Er treibt das Geröll selbst aus den Vertiefungen des Bodens heraus, da er nicht, wie das Wasser, an das Gefälle gebunden ist, und allmählich werden in diesem Wechselspiel tiefe Kessel in die Erdrinde genagt. Die Schilderungen, die Ebers in seinem „Homo sum" von den Thälern des Sinai giebt, sind treffend; wie die Glieder eines Rosenkranzes reihen sie sich um den Felscoloss, gewaltige Trogformen, in denen die Sonne mit Bruthitze lagert. Hier wie bei der Zerlegung der Wüstentafel haben Sonne und Wind den grössten Theil der Arbeit geleistet.

Die Geschichte der Erde berichtet von grossen klimatischen Schwankungen. Die Ueberbleibsel üppigen Pflanzenwachsthums, Brodbäume, Baumfarne und Sagopalmen, sind in den Felsen der jetzt kaum zugänglichen arctischen Länder aufgespeichert, und die norddeutsche Ebene ist bedeckt von unwiderleglichen Beweisen der Eiswirkung. Die fruchtbarste Gegend Deutschlands, die ertragsfähigen Felder Niedersachsens, waren einst Steppen, auf denen Springmäuse und Ziesel sich tummelten, während Murmelthier und Pfeifhase die Klüfte einsamer Gypsfelsen belebten. Die feuchte Wärme der Tropen in Verbindung mit üppigem Pflanzenwuchse ermöglicht eine Zersetzung des Bodens bis in grosse Tiefen; Gneiss und Granit sind zuweilen noch in einer Tiefe von 100 und mehr Metern zerfault, mit dem Messer schneidbar. Bricht jetzt über diese Gegenden ein Steppenklima herein, wird unter dem Einfluss der Trockenheit die Vegetation vernichtet, so wird der Thätigkeit des Windes ein reiches Gebiet geöffnet. „Hier kann", sagt v. Richthofen, „der Wind in der That Berge forttragen."

Das Dislocationsgebirge. Kein Besucher des Vierwaldstättersees wird die herrliche Fahrt nach Flüelen zurückgelegt haben, ohne seinen Blick den Felsmassen des Axensteines zuzuwenden, die wie von einer Riesenhand geknickt, gestaucht und gefältelt erscheinen. Und steht man in Wesen am Anfange des Wallensees, so sieht man von den zackigen Gipfeln der Kuhfirsten die harten Kreidekalke in einem weiten Bogen mehrere tausend Fuss, bis fast zum Ufer des Sees, herabsinken und ebenso wieder ansteigen; inmitten der grünen Wiesen, welche die Mulde auskleiden, liegt das liebliche Dorf Amden. Auch diese Kalke der Mulde von Amden und des Axensteins waren einst horizontal gelagert, als die Gegend noch nicht Gebirge war; sie wurden im Meere Schicht über Schicht abgesetzt, vielleicht ohne

wesentliche Unterbrechung von der Trias an bis in die höhere Tertiärzeit hinein. Vielleicht entstiegen sie auch so dem Meere, ein Tafelland, wie die Karroo oder das Colorado-Plateau; jedenfalls sind sie jetzt nicht in ursprünglicher, horizontaler Lagerung, sondern mehr oder weniger stark dislocirt. Die grosse Gruppe der Bodenanschwellungen, welche in dieser Art veränderte Schichten zeigt und welche durch diese Verstellung der Schichten hervorgerufen ist, fasst man als Dislocationsgebirge zusammen.

Die erste Frage, die sich Angesichts der oft wunderbar erscheinenden Dislocation der Schichten aufdrängt, ist die nach der Ursache. Als man anfing, diesen Phänomenen seine Aufmerksamkeit zu schenken, erschien die Beziehung auf die Vulcane am nächsten liegend. Die verderbliche Kraft, welche diese Berge entwickeln können, war seit Jahrhunderten bekannt; sie ist eine Geissel der schönsten Gegenden Italiens, und das classische Alterthum hat schon Zeugnisse ihrer Ausbrüche verzeichnet. Da man in den Kernen der Alpen Granite und andere Gesteine fand, deren Entstehung aus feuerflüssigen Massen nicht zu bezweifeln ist, so lag es nahe, ihnen eine ähnliche Rolle zuzuschreiben, wie den Eruptivmassen der Gegenwart. Man liess sie wie diese im Drange nach oben alle Schichten, die sich ihnen entgegenstellen, auftreiben, durchbrechen und steil aufrichten. War eine krystallinische Masse nicht sichtbar, wurde sie in der Tiefe vorausgesetzt; es war dann nur das erste Stadium der Gebirgsbildung, die Auftreibung der Schichten, erreicht. Eine Hauptstütze dieser Theorie war die Beobachtung, dass bei jedem Vulcane die Schichten des Berges mantelförmig von der Ausbruchsöffnung abfallen. Indessen zeigte sich, dass diese mantelförmigen Schichten stets nur aus Stoffen bestanden, die von der vulcanischen Kraft selbst aus der Tiefe herausgeschafft sind. Diese häufen sich zunächst als Ringwall um die Bocca, den Schlund des Vulcanes. Immer wieder werden sie überschüttet von Tuff und Asche, übergossen von Lava, übersäet mit Bomben und Lapilli, und dies alles ordnet sich naturgemäss um den Krater in nach aussen geneigten Flächen, aber eine Stauchung der benachbarten Sedimentär-Gesteine wurde in keinem Falle beobachtet. So entstand die höchst wichtige Lehre, dass die Vulcane nur aus ihren eigenen Aufschüttungsmassen bestehen und auf einem von ihnen verschiedenen Fussgestell ruhen. Sie bilden eine Classe von Bergen für sich, die wie Epiphyten, wie Schmarotzer sowohl Flachländern wie Gebirgen aufgesetzt sind, an der Bildung der Dislocationsgebirge aber keinen Antheil haben. Im Uebrigen hatte schon die vorsichtig beobachtende Lyell'sche Schule davon Abstand genommen, jeder Erhebung gewissermassen einen nicht perfect gewordenen Vulcan unterzuschieben; man

dachte mehr an ein allmähliches Aufschwellen der inneren Gluthmassen, das langsam bestimmte Gebiete in die Höhe drängt, während im Ausgleich andere sinken. Immerhin galten aber die in den gewaltigsten Gebirgen und zwar in ihren Centralketten entblössten Granite und Porphyre als Beweis, dass in der ganzen Längsaxe des Bergzuges die hebende Kraft des Vulcanismus sich auch local geäussert habe. Man muss erwägen, dass in der Schweiz ausser den centralen Gneissgebieten Gesteine aus der Perm-, Trias-, Jura-, Kreide- und Tertiär-Zeit gleichmässig gefaltet sind, welche, horizontal aufeinander gelagert, eine mehrere Tausend Meter dicke Platte darstellen würden, um zu ermessen, welch' ungeheuere Kraft hier gesucht wird. Die Schichten des Jura finden wir auf den höchsten Gipfeln der Schweizer Berge; als die Tertiärmeere ihre Sande und Thone absetzten, mussten die Sedimente der Juraformation noch horizontal oder leicht gewölbt unter dem Meeresgrunde begraben liegen, sie sind demnach thatsächlich um ihre jetzige absolute Höhe über dem Meere, vermehrt um die frühere Tiefenlage unter dem Wasserspiegel, gehoben worden. Wenn wir dem Jurakalk selbst auf dem Rücken des stolzen Tödi begegnen, so schlägt man die Summe der Erhebung dieser Schichten mit 12000 Fuss nicht zu hoch an.

Die Schichten sind aber nicht einfach gehoben, sondern sie sind auch gefaltet, über- und ineinander gezwängt. Falten mit steil zusammengeschobenen Seiten sind auf die Erstreckung mehrerer Meilen hin überkippt, sodass dieselben Gesteinsbänke, welche einst horizontal nebeneinander gelagert waren, sich jetzt vertical übereinander befinden, und zwar im oben liegenden „Schenkel" der Falte in normaler Stellung, wie sie im Meere entstanden sind, im überkippten Schenkel in verkehrter Lage. Das sind die Umstände, welche die geologische Forschung in den Alpen so erschweren und von denen sich nur der eine klare Vorstellung machen kann, der sie an Ort und Stelle studirt hat. Die Räthsel dieses Gebirgsbaues haben lange jeder Auflösung gespottet. Man mochte es für möglich halten, dass der aus der Tiefe hervorbrechende Granit in wildem Ungestüme seine ganze Umgebung auf den Kopf stellte, aber hier hatte eine Riesenfaust nicht allein das Unterste zu oberst gekehrt, sondern nochmals und nochmals dieselben Schichten darauf gethürmt, sodass der Geologe nach stundenlangem Steigen die kaum verlassene Schichtenfolge jedem Gesetz zuwider von vorn anheben sah. An diesen Verhältnissen setzte die neuere Theorie ein und legte dar, dass einfach hebende Kräfte, die in der Verticale von unten nach oben ihr Maximum entfalten, hier keine Rolle gespielt haben konnten. Die Gesteine der Alpen, des Jura und anderer Kettengebirge haben offenbar eine seitliche Zusammenpressung erlitten,

deren Mass man sich klar machen kann, wenn man alle die eng zusammengestauchten Falten sich wieder ausgeglättet denkt und das grosse Areal, welches sie dann bedecken würden, mit der schmalen Zone des Kettengebirges vergleicht. Soweit gehen wir auch hier sicher: Vor der Gebirgsbildung waren die Schichten annähernd horizontal ausgebreitet, nach der Gebirgsbildung sind sie zusammengedrängt, und der Grad der Zusammenpressung ist ein Mass der aufgewendeten Kraft. Diese Kraft war so übergewaltig gross, dass ihr gegenüber die verschiedene Beschaffenheit der Gesteine gar nicht mehr zum Ausdruck kommen konnte, dass spröde Kalke genau so gefaltet sind, wie thonige Schiefer und krystallinische Gneisse, dass die in den Gesteinen eingeschlossenen Petrefacten, welche beim Schlage des Hammers zerspringen, in die willkürlichsten Formen gezwungen sind, ja dass an Stellen der intensivsten Druckwirkung die Faltung der Gesteine vor sich gegangen ist, ohne dass sich Risse in demselben zeigen. Wenn wir sonst einen Gesteinsblock belasten, so zerspringt er, wenn der Druck seine Festigkeit überschreitet. Man kann nicht beliebig hohe Säulen errichten, sondern bei einer bestimmten Höhe, welche für jedes Gestein verschieden ist, wird die Basis durch das Eigengewicht zerquetscht. Die gedrückten Theile weichen nach den Richtungen aus, wo sie geringer belastet sind, und es bilden sich Risse, Sprünge und Zertrümmerungsfugen. Ganz entsprechend sind die Erscheinungen in manchen Bergwerken zu deuten, wo der Druck der Gesteinsmassen, der sich ganz analog dem hydrostatischen im Berge fortpflanzt, ein „Zuwachsen" der von Menschenhand geschaffenen Stollen und Tunnelbauten hervorbringt. Dieses äussert sich nicht etwa nur darin, dass die Decke eingedrückt wird, sondern auch der Boden hebt sich und die Seitenwände nähern sich einander. Hier tritt aber überall eine Zerklüftung der Gesteine ein. Um die bruchlose Biegung der Schichten zu erklären, müssen wir annehmen, dass der hydrostatisch fortgepflanzte Druck eine Gesteinspartie von allen Seiten zwar unter allen Umständen über ihre Festigkeit belaste, dass er aber nicht auf allen Seiten gleich stark sei. Indem der Druck sich auszugleichen sucht, wird das Gestein wie eine plastische Masse hin und her bewegt und nach der Seite des geringeren Druckes hin geschoben. Da es aber überall über seine Festigkeit hinaus belastet ist, kann eine Aufhebung der Cohäsion einzelner Theile gar nicht stattfinden. Dass die kleinsten Theile eines festen Körpers ihre gegenseitige Lage verändern können, ohne dass der Zusammenhang leidet, lehren die durch Druck im Krystall erzeugten Gleitbewegungen. Auch hier ist keine Trennung der Materie eingetreten, aber trotzdem eine Ortsveränderung der kleinsten Theile, welche sich gleitend an einander ver-

schoben haben. Die theoretische Möglichkeit der bruchlosen Biegung ist gar nicht zu bestreiten; Massen, deren colossales Eigengewicht in gewisser Tiefe das Gestein schon allseitig überlastet, sind durch eine noch colossalere Kraft seitlich bewegt, und Kalksteine, die wenigstens fast vollkommen bruchlos umgeformt sind, sind gefunden.

Andere Gesteine zerfielen bei der gebirgsbildenden Bewegung in unzählige kleine Bruchstücke, die wie Gelenke wirkten, eine Biegung der Schichten unter Wahrung des allgemeinen Zusammenhanges erlaubten, und später durch andere Substanzen, meist Kalkspath, gekittet, ausgefüllt wurden. Wir können nicht die Vorgänge im Einzelnen schildern, welche das Widerspiel der Kräfte in der Gesteinskruste hervorrief. Sie sind von grösster Bedeutung für viele geologische Fragen. Auf der einen Seite sehen wir, dass durch den Druck erzeugte Spannungen durch Spaltflächen sich auslösen, dass die Gesteine schiefernd geworden sind, auf der anderen, dass Structuränderungen der Substanz selbst eingetreten sind, dass z. B. dichter Kalkstein sich in körnigen Marmor verwandelt hat. Jedoch ist die Fortführung vorsichtiger Beobachtungen, wie sie z. B. Heim in der Schweiz angestellt hat, unerlässlich, ehe wir eine alle Einzelheiten umspannende Theorie über die innere Gesteinsdeformation aufstellen können. Auch hier streifen wir wieder die brennende Frage, ob nicht ein Theil der sogenannten krystallinischen Schiefer, welche als die ältesten Theile der Erdkruste gelten, bei der Gebirgsbildung umgeformte jüngere Sedimente sind. In Gesteinen, die man allgemein für alte Glimmerschiefer hielt, sind bei Bergen und an mehreren Orten des nördlichsten Schwedens (Norrbotten's Lappmarken) Versteinerungen der Silurzeit gefunden. Bei Bergen sind diese Schichten durch gebirgsbildende Kräfte ungewöhnlich dislocirt, zu steilen Falten zusammengeschoben, von Klüften durchschnitten und von Eruptivgesteinen durchzogen. Ehe man aber aus diesen Umständen den Schluss zieht, dass die „Bergenschiefer“ einst normale Sedimente, Thon, Schiefer und Kalksteine waren, die ihren krystallinischen Habitus nachträglich durch den ungeheueren Druck erhalten haben, ist auch zu berücksichtigen, dass die versteinerungsführenden Glimmerschiefer Nordschwedens kaum merklich gebogen sind und dass die krystallinischen Gesteine, welche im Bereiche der skandinavischen Wasserscheide, auf dem hohen Wall, der die ganze Halbinsel durchzieht, über den primordialen Gesteinen (der Dividal-Serie) auftreten, flach und ungestört als Decke sich ausbreiten, niemals von einer auch nur geringen Faltung betroffen.

Nach obenstehenden Ausführungen ist es das Characteristicum der echten Kettengebirge, aus gefalteten Schichten zu bestehen, welche durch seitlichen

Zusammenschub auf einen beschränkten Raum zusammengedrängt, daher in die Höhe gestaucht sind. Die Längsaxe solcher Gebirge fällt in die Längsrichtung der Falten; sie braucht sich nicht streng an eine Hauptfaltenzone zu binden, sondern die einzelnen Falten können sich ablösen. Das Querprofil durch ein Kettengebirge zeigt S- oder C-förmig gekrümmte Querschnitte der Schichten. Gewöhnlich ist die Längsaxe der Kettengebirge keine gerade Linie, sondern ein Bogen von grosser Spannweite, und wie bei vordringenden Wellen liegt die convexe Seite in der Richtung der faltenden Kräfte. Die Schichten sind nicht selten steil aufgerichtet, zuweilen überstürzt, als wollten sie über das Vorland sich hinwegschieben, während in der concaven Zone, der Innenseite des Gebirges, die Schichten flacher ansteigen und durch Spalten zerschnitten sind, als seien sie mehr gezogen als zusammengeschoben, eine schwer zu erklärende Erscheinung.

Wenn wir es ablehnen, den krystallinischen Centralmassiven der alpinen Gebirge eine hebende Wirkung zuzumessen, welche zugleich beiderseits der Längsaxe als faltende Kraft wirkte, indem die Sedimentendecke nach oben durchbrochen und nach seitwärts aus dem Wege geräumt wurde, so bleibt nur eine andere Erklärung der Falten, welche wir schon antecipirt haben, nämlich durch seitlichen Zusammenschub in der Erdrinde selbst. In ihr treten Spannungen auf, welche sich in Verbiegungen der Schichten auszulösen streben. Aber woher kommen diese Spannungen? Man könnte zunächst an Volumvermehrung der Gesteine durch chemische und physikalische Umwandlungen denken. So dehnt Anhydrit sich durch Wasseraufnahme aus und wird zu Gyps, eine bei Eisenbahndurchschnitten nicht selten gemachte Erfahrung. Manche geschmolzene Massen nehmen nach dem Erstarren einen grösseren Raum ein, manche amorphe beim Uebergang in den krystallinischen Zustand. Schichtenbiegungen durch diese Kräfte könnten aber stets nur local auftreten, während Gebirgsfalten über die ganze Welt und in allen Gesteinen verbreitet sind. Zudem hat Heim gezeigt, wie verschieden die äussere Erscheinung einer durch Volumzunahme entstandenen Faltung von den tektonischen Falten ist.

Die herrschende Lehre abstrahirte denn auch ganz von diesen endogenen Vorgängen. Sie sucht die Ursache der Faltung in einem allgemein wirksamen Process, der mit der festen Erdkruste zunächst nichts zu schaffen hat, nämlich in der fortschreitenden Contraction des Erdinnern oder des eigentlichen Erdkörpers, um den die uns bekannt gewordenen Gesteine nur eine relativ schwache Kruste bilden. Diese Kruste bildete sich zuerst durch Erstarrung auf der Oberfläche des einstmals feuerflüssigen Erdballes, und später

sind dann immer grössere Theile dieser Erstarrungskruste durch die Abspülung des nun existenzfähigen und sofort in Thätigkeit tretenden Wassers in die Form von geschichteten Sedimenten gebracht. Allmählich zieht sich aber auch der Erdkörper in Folge der beständig fortschreitenden Abkühlung zusammen; die Rinde wird zu weit, sinkt nach und wirft sich dabei in Falten. Es ergiebt sich aus dieser Theorie als letzter Grund der Faltenbildung die Schwerkraft, welche die Rinde zwingt, der entweichenden Unterlage zu folgen. Da die Rinde die Form eines Gewölbes besitzt, so kann nicht der einzelne Theil dem Zuge nach der Tiefe folgen, sondern muss einen vermehrten Druck auf die Nachbartheile ausüben. Das wäre dann die gesuchte tangentiale Spannung. Je nachdem nun diese vorwaltet, oder das Gravitiren nach der Tiefe entstehen Faltengebirge oder Senkungsfelder mit horizontalen Schichten und verticalen Sprüngen, an denen die einzelnen Schollen sich verschieben.

Nicht überall liegt also der Entstehung eines langgestreckten Gebirges Faltung zu Grunde. Eine sehr häufige Form ist die sog. Monoclinale; der Querschnitt eines solchen Rückens ist ein ungleichseitiges Dreieck, dessen längere Seite dem sanften Anstieg auf der Schichtfläche oder doch ungefähr im Fallen der Schichten entspricht, während die kürzere Seite den steilen Abbruch der Schichten, die Schichtenköpfe zeigt. Diese Form kann ein Werk der Erosion sein, indem eine sattelförmige Aufwölbung bis auf dieses eine Widerlager zerstört ist; die characteristische Gestalt des schwäbischen Jura ist auf diese Weise entstanden. Von ganz besonderem Interesse ist aber die Monoclinale, wo sie, wie in ausgedehnten Gebieten Nordamerikas, der ungleichen Bewegung einer Scholle zwischen mehreren Spalten ihre Entstehung verdankt, sei es, dass der eine Rand dieses Stückes sich senkte, sei es, dass der andere gehoben wurde. In vielen Fällen vollführte die Scholle eine Art Schaukelbewegung um eine ideale Axe, die ihres jetzigen Streichens, und oft entspricht daher der Hebung der einen die Senkung der anderen Seite. Das ist von nordamerikanischen Geologen „Great basin structure" genannt, weil es der herrschende Gebirgsbau in dieser Gegend ist. Die meisten Geologen halten die directe Gravitation für die Ursache dieses Baues; eine langgestreckte Scholle wurde bei ihrem Niedersinken zur Tiefe an einer Seite durch stärkere Reibung oder andere Umstände gehemmt.

Es ist diese Bildung demnach nur ein Unterfall des allgemeinen Einbruchsphänomens. In einem durch Sprünge durchzogenen Gebiete werden die zerstückelten Schollen dem Zuge zur Tiefe nicht gleichmässig folgen, was wesentlich mit der Gestalt und Lage der Kluftflächen und der Beschaffenheit der Hohlräume, welche dem Gravitiren freie Bahn schaffen, zusammenhängt.

Durch stärkere Senkung schmaler Stücke entstehen „Gräben“, und die in ihrer Lage verharrenden oder weniger rasch sinkenden Rindentheile werden „Horste“ genannt. Diese Vorgänge können Gebirge so gut wie Tafelländer mit horizontal gelagerten Schichten betreffen; im ersten Falle spricht man von „Faltenhorsten“, im letzteren von „Tafelhorsten“ und „Tafelbrüchen“. Eine eigenthümliche Complication kann eintreten, wenn das von Spalten durchzogene Gebiet seitlichen Zusammenschub erleidet; es können dann Schollen, die von gegen die Tiefe convergirenden Bruchflächen eingefasst werden, in die Höhe gequetscht werden. Von solchen Fällen abgesehen, wird in spaltenreichen Gebieten eine Hebung verneint; selbst das Faltengebirge gehört als Ganzes einer sinkenden, von den Rändern her gepressten Scholle an.

Suess, der diese Lehren am eingehendsten ausgebildet hat, erklärt an ihrer Hand die einzelnen Gebirgsgegenden der Erde in meisterhafter Weise. Er verfolgt den Faltenzug der Alpen bis zum Atlas nach Westen, bis nach Asien hinein nach Osten, und zeigt, wie die gewaltigen Gebirgsbögen dieser Zone ein Ganzes bilden, das, einem Antriebe gehorchend, als Riesenwelle der Erdkruste in den Alpen am weitesten nach Norden vordrang, auf den Flanken, in denen die Faltung allmählich sich ausgleicht, mehr zurückblieb. Hier trat eine Zertheilung der Falten in mehreren Bogen ein, dort fügen sich die Ausläufe des einen Faltensystems allmählich in die Richtung eines anderen, dem sie sich nähern und parallel stellen. Selbst die Gebirge längst entschwundener Zeiten entziffert er aus den unscheinbaren Resten, welche nicht von späteren Sedimenten verhüllt und nicht der Erosion zum Opfer gefallen sind.

Ein wesentlicher Umschwung in den Anschauungen über das Wesen der Gebirgsbildung scheint sich gegenwärtig zu vollziehen. Die alte Theorie leistete Genüge, so lange man sich an das morphologische Moment hielt, aber da sie statt auf die Ursache auf eine Reihe innerer Widersprüche führt, zu deren Erklärung ein complicirter Ausbau nöthig wäre, drängt die stets durch neue Beobachtungen angeregte Forschung nach neuen Gesichtspunkten für deren Gruppirung.

Das Verhalten der Gesteine gegenüber erhöhter Wärmezufuhr wird von neuem eingehend discutirt. Durch die Ablagerungen, welche in langgestreckten Senken der Erdoberfläche angehäuft werden, wird die Dicke der sog. Erdrinde dort erhöht. Die Folge der Belastung ist eine Erwärmung und diese führt zu Expansionen, denen besonders die im Liegenden befindlichen Gesteine ausgesetzt sind. Sie quellen auf, schieben die aufliegenden Schichten zur Seite und werden so zu activen Gebirgsbildnern, eine Rolle, wie man sie

früher den Laven der Vulcane, später den Centralmassiven der Faltengebirge zuschrieb. Die Art, wie diese Bewegung sich oberflächlich äussert, bringt dieselben Erscheinungen zu Stande, welche man dem Schrumpfungsprocesse zuschreibt, langgezogene Faltengebirge, deren dislocirte Schichten sich um eine mittlere Axe gruppiren und zwar meist so, dass eine Aussenseite stärkerer Faltungszonen sich von einer durch Sprünge und Eruptionen characterisirten Innenseite unterscheiden lässt. Sie hat den Vorzug, dass die schräg nach oben gerichtete Hebung ebenso leicht die Faltungen der Aussenseite, wie die Streckungen, Schleppungen und Zerreissungen der Innenseite erklärt, während die Theorie des reinen Lateralschubs über diese Schwierigkeit nicht hinweg kommt. Die Ueberfaltung des Vorlandes kann nunmehr so lange andauern, als der Wärmezufuhr durch Ausdehnung noch nicht Genüge geleistet ist, unbeschadet der auf der Innenseite niedersetzenden Spalten, bis Denudation und Erosion den Ueberschuss des Volumens von dieser Stelle der Erdkruste entfernt haben. Es erklärt sich in dieser Weise auch die Folge der gleichgerichteten Faltenzüge, wie sie Suess von den Hebriden und den caledonischen Falten des Nordwestens bis zum alpinen Bogen hin entwickelt hat. Der von den aufgequollenen Höhen herabgeführte Schutt sammelt sich wieder in der Synclinale an ihrem Fusse und ein neuer Gebirgsbogen wird sich allmählich in parallel verschobener Richtung erheben.

In interessanter Weise hat v. Drygalski die physischen Verhältnisse, unter denen wir uns einen Theil der Erdoberfläche zur Eiszeit zu denken haben, zum Ausgangspunkte einer Ableitung gewählt, die im Stande ist, recht bedeutende Oberflächenverschiebungen zu erklären, und zwar in einfacherer Weise, als die sonst vorgetragenen Hypothesen vermochten.

Die Oberfläche eines vereisten Landes wird nach physikalischen Gesetzen constant die Temperatur 0° annehmen, während die nicht vereisten Continente frei ihre Wärme in den Weltraum ausstrahlen. In beiden Fällen lässt die Berechnung erkennen, dass die Abnahme der Temperatur in der Tiefe langsam, gegen die Oberfläche hin schnell erfolgt, immerhin aber in den frei ausstrahlenden Oberflächentheilen der Erdkugel langsamer; die obersten Erdrindentheile werden durch die ausstrahlende Eigenwärme noch erwärmt, werden wärmer sein, als die von Eis bedeckten, in denen bis in die Tiefe von einigen Kilometern noch ca. 0° herrscht. Denkt man sich zwei Kugeln, von denen die eine frei in ein Medium von 0° ausstrahlt, während bei der andern die Oberfläche constant auf der Temperatur 0° erhalten wird, so wird die Erkaltung der zweiten Kugel (beide streben der Temperatur 0° zu) in etwa 4 mal so kurzer Zeit erfolgen, wie in der ersten. Man kann also schliessen,

dass das Auftreten von Inlandeismassen eine Senkung der Geoisothermen (Flächen gleicher Wärme innerhalb der Erdrinde) bewirkt, und dass eine schnellere Erkaltung dieser als der frei strahlenden Gegenden erfolgt. Die Erkaltung des Bodens bewirkt eine Contraction, und unter der Last des Eises wird ein Niedersinken des Landes möglich. Dem entspricht der hohe Stand des Meeres am Schlusse der Eiszeit gegenüber dem tiefen Meeresstand im Pliocän.

Mit dem Schwinden der Gletscher begann wieder freie Strahlung und damit eine Hebung der Geoisothermen, eine allgemeine Durchwärmung des Bodens. Der Raum, welchen die gesunkenen Landschollen einnahmen, war bei der sphäroidischeu Gestalt der Erde kleiner, als in der früheren höheren Lage, deshalb fand die durch die Erwärmung bewirkte Ausdehnung in einer Aufwallung des Landes ihren Ausgleich. In Nordamerika steigen die Spuren des glacialen Lake Agassiz, welcher sich der Südgrenze der amerikanischen Vereisung nahe befand, nach Norden an; die Strandmarken des grossen canadischen Binnensees haben im Norden grössere Höhe, als im Süden und gehen direct in die marinen Ablagerungen der Gegend von Montreal über, die sich im Thale des Connecticut River, wie auch an der Küste ebenfalls erheblich nach Süden senken. Ein ausgedehntes Areal ist hier vielleicht bis nördlich zur Hudsonsbai und Grönland verbogen; von Montreal senken sich die Meeresspuren aus 150 m Höhe bis zur Küste bei Newhaven auf 15 m. Dennoch beträgt die Differenz in der Länge des verbogenen und des gestreckt gedachten Areales auf diese Entfernung von ca. 504 km nur 2 m. Eine derartig geringe Ausdehnung, also 4 Millionstel der Längeneinheit, könnte durch schon geringe Temperaturschwankungen erzielt werden, da z. B. die lineare Ausdehnung des Glases bei 1° C. 81—84 Millionstel der Längeneinheit beträgt. Die Ursache dieser wechselnden Ausdehnung der Gesteine liegt in der Aufhäufung und schliesslichen Abschmelzung eines riesigen Eismantels.

E. v. Drygalski eröffnet noch eine weitere Perspective, indem er, wie schon Faye, darauf hinweist, dass die Meeresböden der Oceane durch das Vordringen kalter antarctischer Tiefseewasser constant auf niedriger Temperatur erhalten werden. Aehnlich wie die Inlandeismassen auf die Erkaltung der Rinde wirken, muss auch hier eine schnellere Erkaltung der Meeresböden erfolgen als der continentalen Sockel. Es müsste also auch unter den Meeresböden eine weit kältere Temperatur herrschen als in den Continenten, und dieses wieder eine Contraction und grössere Dichte bedingen, wie sie auf anderem Wege aus der Discussion der Schweremessungen erschlossen ist. Schliesslich werden

die Beständigkeit der Continente, Oscillationen während der Transgression der Meere über die Festländer und die Gebirgsbildung selbst in enge Beziehungen zu diesen Wärmeschwankungen in der Erdrinde gesetzt. In den grossen Senkungen der Erdrinde werden mächtige Sedimente abgelagert; in demselben Masse, wie die Mulde sich ausfüllt, tritt auch der Einfluss der Wasserbedeckung auf die Lage der Geoisothermen zurück, und sowie sie ausgefüllt ist, macht sich die Strahlung wieder vorherrschend geltend und führt zu einer Durchwärmung des Bodens. „So hat dann ein allgemein innerer Trieb, nicht ein passives Niedersinken die Gebirgsfalten geschaffen, bei dieser Auffassung steht der Theorie ein weit stärkeres Bewegungsmoment zu Gebote."

Hier begegnet sich die originelle Auffassung Drygalski's mit alten Theorien der Gebirgsbildung, die in neuerer Zeit wieder durch Gelehrte wie Mellard Reade und Richthofen verwendet sind. Von einer exacten Beurtheilung des Zusammenhanges zwischen Wärmevertheilung und intracrustalen Bewegungen sind wir aber noch weit entfernt.

Die Probe auf die thatsächlichen Verhältnisse will nicht recht stimmen, da wir hohen Meeresstand im Präglacial, also vor der grossen Ausbreitung des Inneneises, niedrigen während der ersten Vereisung, hohen während des Interglacials und wiederum niedrigen (also Hebung) in der postglacialen Zeit haben. Zur Zeit der grösseren Senkungen (Präglacial und Interglacial) ist das Klima wärmer, als während der Vereisungsintervalle.

Auch sonst erheben sich manche Schwierigkeiten, die möglicherweise von einem gewandten Physiker und Mathematiker nicht als solche erachtet werden. Ich sehe ab von den Theorien, die Hopkins und auch ähnlich Heim verfochten haben, nach denen die Eisbedeckung, indem sie die Wärmestrahlung hindert und wie ein G e s t e i n wirkt, die Geoisothermen hebt statt senkt. Es scheint aber bedenklich, die so sehr verschiedenen Bodentemperaturen der Meeresböden als eine Durchschnittseinheit zu betrachten und ihr denselben Einfluss wie dem Eise einzuräumen. Dann kann man die Betrachtung auch auf die Erdrinde selbst ausdehnen in ihrem Verhältniss zum Innern. Bei der jedenfalls geringen Dicke der aus Gesteinen bestehenden Erdrinde im Verhältniss zur Masse der Kugel kann man auch kaum von der Voraussetzung ausgehen, dass sinkende Schollen zwischen deutlich convergirenden Linien eingeschlossen sind, sondern man müsste selbst auf Areale von 504 km Breite die Senkrechten auf der Oberfläche noch fast als parallel annehmen. Die von den beiden Endpunkten einer Linie von 504 km Länge nach dem Erdmittelpunkte gezogenen Radien convergiren unter so geringer Neigung, dass in 20 km Tiefe unter der Erdrinde ein zwischen ihnen eingeschlossenes

Gesteinsprisma erst ca. 2 m schmäler ist als an der Oberfläche (von 504 km). Da die Theorie selbst Spalten und Schollenstructur voraussetzt, so kann dieser Werth durch physikalische Ungleichheiten völlig irrelevant gemacht werden. Eine sich senkende Scholle von 500 km Länge und 20 km Dicke wird in der Tiefe auf keinen merklichen Widerstand (in diesem theoretischen Sinne) stossen, wenn es sich um so geringe Niveaudifferenzen wie 100 bis 120 m handelt; denn eine Verkürzung um ca. 2 cm fällt vollständig in den Bereich der Zertrümmerungen durch Reibung und wird zu keiner Stauchung Anlass geben.

Die meisten der gegenwärtig beliebten Hypothesen über den Ursprung der Gebirge oder sagen wir lieber den Sitz und das Wesen der gebirgsbildenden Kraft knüpfen in richtiger Würdigung der Allgemeinheit dieses Vorganges an die Aeusserungen der Schwerkraft an. Es gehören hierher nicht allein jene Lehren, welche das Gravitiren der Gesteinsmassen gegen die Mitte der Erde in den Vordergrund stellen und die Falten nur als Begleiterscheinung grossartiger Senkungs- und Spannungsphänomene auffassen, sondern auch solche, welche die durch extratellurische Anziehung in der Erdrinde bewirkte, den Fluthwellen zu vergleichende Bewegungen berücksichtigen. Der zu behandelnde Gegenstand ist der schwierigste unserer Wissenschaft, der modus procedendi bei der Entwickelung der neuen Lehren meist der, dass man Ueberlegungen anstellt, wie diese oder jene nachweislichen Erscheinungen in die Geologie hineingreifen können und welche Reactionen sie hervorrufen würden, wenn ihre Einwirkung stark genug ist oder sich im Laufe der Zeiten summiren kann. Da sich viele dynamische Vorgänge stündlich durchkreuzen, wird sich das Resultat aus diesen Kraftäusserungen nie rein darstellen, und man wird aus den Formen der Erdrinde den Beweis der Hypothese kaum ableiten können. Das ist der wunde Punkt aller dieser Speculationen, dass sie einen Dualismus in die Wissenschaft einführen und den Werth der positiven Beobachtung in die zweite Stelle herunter drücken. Und doch stellt sich, um v. Humboldt's Worte zu gebrauchen, in der beweglichen Ordnung der Natur das Gesetzliche um so lichtvoller dar, als es an eine sorgfältige Schilderung der einzelnen Erscheinungen geknüpft ist.

Das Wandern der Meere, das wir aus dem Uebergreifen der geologischen Formationen über Räume, die vorher Festland waren, folgern müssen, ist schon oft zu attractiven, von anderen Sternen ausgehenden Einflüssen in Beziehung gebracht. Auf die unhaltbare Adhémar'sche, von Schmick und Croll ausgebildete Hypothese einer alternirenden Anhäufung der Oceane am Süd- oder Nordpol folgte jene andere, welche die Fluthen in gewaltigen

Rhythmen vom Aequator zu den Polen und wieder zurück strömen lässt, so dass die Continente im Norden und Süden symmetrisch überschwemmt werden und sich wieder entblössen. Auch Suess hat sich dieser Anschauung zugewendet und versucht, in der Folge und Vertheilung der geologischen Formationen die Spuren solcher Bewegungen, die mit den schon erwähnten Cyclen der Excentricitätsänderung zusammenhängen, nachzuweisen. Weiter noch geht Blytt und indem er auch die Gebirgsbildung diesem Rhythmus unterordnet, schliesst sich durch extreme, aber nur consequente Ausbildung die neueste aller Hypothesen wieder an die älteste an, welche die Ursache aller Hebungen und aller Gebirge in der Reaction des Erdinnern gegen seine Hülle erblickte.

Die Fluthwelle, welche täglich die Erde umkreist, wirkt der Rotation entgegen. Für die Gegenwart lässt sich dieser Einfluss nicht in Zahlen ausdrücken und ist jedenfalls unendlich gering, im Wechsel der Form der Umlaufsbahn kann aber der Einfluss der Sonne so viel stärker (um $^1/_{150}$) werden, dass auch die Reaction auf die Umdrehungszeit deutlich heraustritt. In Folge der verzögerten Rotation nimmt der Antheil der Centrifugalkraft ab, und nicht nur die Hydrosphäre schlägt nach den Polen zurück, sondern auch in der Gesteinsrinde regt sich ein gleichgerichteter Zug. Die Spannungen können sich während langer Perioden so häufen, dass ein geringer Zuwachs genügt, um sie an einer schwachen Stelle der Kruste auszulösen und eine beträchtliche Formveränderung hervorzubringen. Es ist wahrscheinlich, dass diese Dislocationen in die Zeiten starker Excentricitäten fallen, wo die Kräfte am stärksten gegen den Pol hindrängen, oder kurz hinterher, wie ja so häufig eine Erscheinung erst ihren Höhepunkt erreicht, nachdem die Anregung schon wieder wie eine Welle verronnen ist. Die Art und Weise der Auslösung ist verschieden; es kann die feste Rinde selbst sich in Falten legen, es können Spalten aufreissen und die Wundränder an einer verschoben werden, es kann aber auch das Erdinnere selbst in die Action eintreten, sich zwischen die Gesteine pressen und einzelne Theile der Rinde domförmig aufwölben, oder in breiterem Andrang ganze Länder gleichmässig und allmählich heben. So wird dann diese Reaction des Erdinneren auch die unmittelbare Ursache der Erdbeben, unter denen die Dislocationen sich vollziehen, und der vulcanischen Ausbrüche aus den spaltenzerrissenen Stellen der Erde. Die Hypothese würde unter anderm zu erweisen haben, dass in allen Gebirgen die Richtung des Zusammenschubes vom Aequator nach dem entsprechenden Pole weist; sie kann durch Hindernisse abgelenkt sein, aber ein in umgekehrter Richtung wirksamer Zusammenschub kann nicht aus derselben Kräfte-

quelle abgeleitet werden. Suess hat einen grossartigen Ausblick eröffnet über die von Südost gegen das alte Festland in Nordwesten anbrandenden Gebirgsfalten; auf den Gneiss der Hebriden, der am Loch Eriboll in einer Breite von 16 Kilometer über das Silur geschoben ist, folgt das caledonische Alpenland, das sich einst in vordevonischer Zeit von Schottland bis an die Westküste Norwegens hinauf zog, dann der aus der Bretagne kommende armoricanische, und der mit dem bayrischen Walde beginnende variscische Gebirgsbogen, die sich im Centralplateau Frankreichs vereinigen. Die letzten Trümmer dieser carbonischen Alpen markiren wie Pfeiler den früheren Verlauf, und durch diese festen Massen wurde auch das jüngste Hochgebirge, unsere Alpen, in seiner Richtung wesentlich beeinflusst. Hier überall deutet die Lage der Falten und Ueberschiebungsebenen, die Gestalt der Gebirgscurve und ihre sichtliche Abhängigkeit von den Gebirgsklötzen der älteren, im Nordwesten angestauten Gebirge auf eine von Süden gegen Norden drängende Kraft. Aber in grossen Gebieten der Erdoberfläche lassen sich die Erscheinungen der Tektonik nicht in analoger Weise gruppiren; die langgestreckte, den Aequator überschreitende Kette der Anden wird der Erklärung durch die erwähnte Hypothese immer unzugänglich bleiben.

Wir scheiden von der Erörterung dieser interessanten Probleme ohne die gewünschte Aufklärung erhalten zu haben. Das Nachsinken der Erdkruste gegen das schrumpfende Erdinnere verlangt eine Discontinuität von Rinde und Erdkörper, gegen die Bedenken sich erheben müssen. Bestätigen sich die erwähnten Versuche über das Ausdehnen erstarrender Metalle und Silicate, so schnürt die Rinde das noch glühend heisse, aber gefesselte Erdinnere immer fester zusammen. In dem gewaltigen Gegendruck nach schwachen Stellen der Rinde hin mag die Ursache eines Aufsteigens magmatischer Massen liegen. Die Einbrüche der Oberfläche gehören aber zunächst der Rinde selbst an, die durch dieselbe Schwellkraft der erstarrenden Gesteine in ihren äusseren Theilen gelockert ist. Die Beobachtungen über die sog. Massendefecte unter Gebirgen wären hier einzureihen.

Drittes Capitel.

Der Zeitbegriff in der Geologie.

Man sagt uns, dass die Zeit eine Denkform sei, wesenlos und untheilbar. Der Mensch gewahrt den Ablauf des Lebens um sich und misst unwillkürlich der Zeit eine Einwirkung und damit Wesenheit bei. Er bemerkt die unveränderliche Wiederkehr gewisser Ereignisse und schliesst daraus, dass die Zeit sich theilen lässt, er vergleicht die Abschnitte mit den Vorgängen, die sich in sie einfügten, und schreibt einer bestimmten Zeit eine bestimmte Kraft zu. Das sind Trugschlüsse. Die Zeit bewirkt nichts, aber je längere Zeit einer Kraft gegönnt ist, sich zu äussern, desto höher summirt sich auch dio von ihr geleistete Arbeit, und was in Jahren unvollendbar ist, vollzieht sich doch in Jahrtausenden. In allen Epochen, mit denen die Palaeontologie sich beschäftigt, wirken dieselben Factoren auf Thiere und Pflanzen ein, die auch heute noch die Organismen umgeben und bedrängen; niemals treffen wir auf die Anzeichen besonderer Kräfte, nicht mehr existirender oder nicht wiederholungsfähiger Umstände, welche den Wechsel der Form veranlasst hätten. Die Vergangenheit ist nichts anderes wie die Gegenwart, aber die Welt, die organische wie die anorganische, hat sich stetig geändert und wird sich weiter ändern, weil die kleinsten, unserem Auge, unserer Tradition entgehenden Impulse und Verschiebungen in grossen Zeiträumen im Conflict mit den bestehenden Formen den Sieg davontragen müssen. Die Länge der geologischen Perioden kann nicht genug betont werden; erst in solchen Zeiten konnten die Erfolge der Anpassung und der regionalen Umformung, der gebirgsbildenden und zerstörenden Kräfte hervortreten, erst durch den Nachweis fast unbeschränkter Zeiträume konnte die Umprägungslehre zur Abstammungstheorie ausgebildet werden.

Ohne dio Zeit ist auch der Raum undenkbar; wir können den Gedanken des Raumes nicht fassen, ohne dass wir irgend etwas sich durch ihn bewegen lassen und es giebt keine Bewegung, ohne dass eine bestimmte Zeit

verstreicht. Die Geologie rechnet seit Lyell mit diesem Verhältniss; sie stellt die Summe der Bewegung fest, die in einem Zeitabschnitt vor sich gegangen ist und die sich in den Veränderungen der Erde und ihren Bewohnern ausprägt, und misst hiernach seine relative Länge. Würde sie die Geschwindigkeit kennen, mit welcher die Veränderungen sich vollziehen, so könnte ein Massstab eingeführt werden, der die geologische Chronologie in Beziehung zu der gewöhnlich angenommenen setzt; aber das ist aussichtslos, denn bei der unendlichen Mannichfaltigkeit der Erregungen und Wirkungen, die in Wechselbeziehung zu einander stehen, wird auch die Geschwindigkeit einer einzelnen Bewegung fortwährend variirt.

Als man sich mit der Eintheilung der Tertiärbildungen, also derjenigen, welche dem jetzigen Zustande der Erde unmittelbar vorausgehen, zuerst versuchte, schien die grössere oder geringere Abweichung der Organismen von den lebenden auch dann einen höheren Massstab zu gewähren, wo es sich um getrennte zoogeographische Provinzen handelte. Lyell spricht sich in seiner Geologie klar hierüber aus:

„Wir haben schon darauf aufmerksam gemacht, dass je neuer eine tertiäre Schicht ist, ihre Fauna um so mehr der des benachbarten Meeres gleicht. Dieses Gesetz einer grösseren Uebereinstimmung der fossilen Mollusken mit den jetzt lebenden Arten wird oft als Leitfaden dienen, um voneinander getrennte Ablagerungen chronologisch zu ordnen, wenn uns keines der drei gewöhnlichen chronologischen Hülfsmittel, nämlich: die Ueberlagerung, die Gesteinsbeschaffenheit oder die specifische Identität der Versteinerungen zu Gebote steht." — „Vergleichen wir die Lehm- und Thonschichten an den Ufern des Clyde in Schottland, zweitens andere fluviomarine bei Norwich und endlich eine dritte Gruppe, welche in Sicilien zu beträchtlicher Höhe emporsteigt, so finden wir, dass in jedem dieser Fälle mehr als drei Viertel der Arten mit den jetzt lebenden übereinstimmen, während die übrigen erloschen sind. Wir folgern hieraus, dass alle diese Schichten, trotz der grossen Verschiedenheit ihrer organischen Reste, derselben Zeit angehören, weil ein jedes der drei erwähnten Areale zu einer gleich oder fast gleich grossen Veränderung der marinen Molluskenfauna eines gleich grossen Zeitraums bedurfte. Man schliesst in diesen Fällen auf einen gleichzeitigen Ursprung, trotz der auffallenden Verschiedenheit der Gesteine oder der organischen Reste, indem man sich dabei auf eine gleichgrosse Verschiedenheit der heute in den angrenzenden Meeren lebenden Muscheln stützt. Diese Methode gewährt den Vortheil, dass sie uns in allen Ländern einen gemeinsamen, wenn auch fernliegenden Ausgangspunkt gewährt.

Je weiter wir uns aber von der Gegenwart entfernen und je kleiner die relative Anzahl der lebenden Arten wird, wenn man sie mit den erloschenen der tertiären Ablagerungen vergleicht, desto mehr sinkt auch der Werth eines solchen Beweises, besonders wenn wir die Schichten sehr entfernter Regionen mit einander vergleichen. Wir können nicht annehmen, dass die Veränderungen der unbelebten Schöpfung oder das beständige Hervortreten und Verschwinden der Species überall in gleichen Zeiträumen gleich gross gewesen sei. In der einen Region hat sich vielleicht die Gestalt des Landes und Meeres sowie das Klima mehr verändert als in einer andern und folglich wird die Zerstörung und Erneuerung der Arten nicht in einer Gegend der Erde genau so schnell gewesen sein wie in einer andern. Nach diesen Betrachtungen werden wir nicht geneigt sein, der Genauigkeit solcher Beweise unbedingt zu vertrauen; dennoch können sie dazu dienen, um die chronologischen Verhältnisse der tertiären Gruppen zu einander und zu der postpliocänen Periode aufzuhellen.

Nicht nur das Studium der geologischen Monumente aller Jahrhunderte wird uns diese Wahrheit aufdrängen, auch die Betrachtung des jetzigen Zustandes der Natur, welche offenbar dahin streht, die gleichzeitigen Schwankungen der Flora und Fauna in ein Niveau zu bringen."

Der Werth der Methode entschwindet ganz, wo es sich um vortertiäre Zeiten handelt, deren Organismen sämmtlich ausgestorben sind und keine unmittelbare Verknüpfung mit der Gegenwart zulassen. Wie schwer ein zuverlässiges Urtheil über das Alter solcher Schichten gefällt werden kann, die in ihrer Ausbildung von den meisthin beobachteten ahweichen und deren Lage stratigraphisch nicht festgestellt werden kann, lehrt mancher Trugschluss, der allein aus dem Character der Fauna gezogen ist. Die allmähliche Verschiebung der Uferlinien summirt sich zu solchen Beträgen, dass schliesslich weit entfernte Theile des Landes von einem Meere erreicht werden, das ihnen ursprünglich nicht benachbart war und eine den nächstgelegenen Meeren sehr fremd gegenüberstehende Fauna mitführt. Bilden sich Niederschläge, so werden sie Thierreste enthalten, welche sich kaum vergleichen lassen mit denen, welche in den Schlamm des letzteren sinken. Nach dem Grad der Veränderung, welche hier scheinbar die Thierwelt einer Gegend erlitten hat, würde man schliessen, dass ein grosses zeitliches Intervall die Ablagerungen trennt, die doch fast gleichzeitig gebildet sind. Hat in diesem Falle der Ausläufer eines fremden Meeres Landestheile occupirt, die ursprünglich dem Gebiete eines andern angehören, so kommt auch, und vielleicht noch häufiger, der Fall vor, dass die schmale Landbarrière, welche zwei Meere

trennt, durch geologische Kräfte hinweg geräumt wird, und die Faunen der verschiedenen Becken sich mischen. Auch hier erfolgt eine beträchtliche Veränderung der Fauna, indem eine grosse Reihe neuer Arten hinzugefügt wird, andere durch die Einwanderer verdrängt werden, ohne dass dem Masse der Veränderung ein irgendwie beträchtliches, zeitliches Aequivalent entspricht. Ein solcher Vorgang lässt sich in der Jetztzeit seit der Eröffnung des Suezkanals beobachten, durch den zwei scharf contrastirende Meeresfaunen in Verbindung gebracht sind. Dass innerhalb der Gesammtfauna eines Meeres sich wiederum die Tiefenzonen scharf von einander abgrenzen, dass ferner besonderen physikalischen Verhältnissen fast stets eine besondere Fauna entspricht, so dass man von einer Riff-, Schlamm- oder Tang-Fauna sprechen kann, dass die pelagische Thierwelt allen gesondert gegenüber steht, alles dies vereinigt sich, um den im Princip richtigen Lyell'schen Gedanken zu einem in der Praxis hinfälligen zu machen. Immer wieder werden wir auf die stratigraphische Beobachtung hingewiesen und wandern mühsam in der Irre, wo wir nach anderen Kennzeichen allein das Alter einer Schicht erschliessen sollen.

Ueber endlose Weiten der südamerikanischen Pampas dehnt sich eine Decke röthlichen oder gelblichen Lehmes, und seit der ersten näheren Untersuchung desselben hat man sich gewöhnt, diesen Pampaslehm dem diluvialen Oberflächenboden Europas zu vergleichen. Der Löss des Rheinthales zeigt ähnliche Structur, und wie hier Reste des Mammuths, des Nashorns und anderer erloschener Arten gefunden werden, so gräbt man in Argentinien und Uruguay nach Knochen riesiger Gürtelthiere und anderer Edentaten. Reste des Menschen sind mit ihnen gemischt und es scheint, dass in manchen Fällen der Jäger und sein Wild gleichzeitig umgekommen sind, vielleicht in einem jener furchtbaren Steppenstürme, denen auch heute ungezählte Massen von Thieren zum Opfer fallen. Wind und Regen und Flussüberschwemmungen sind die Schöpfer der mächtigen Lehmdecke, die sie dem Felsgerüst vernichteter Gebirge geraubt haben und auch hierdurch ist eine Aehnlichkeit mit europäischem Lehm und Löss bedingt. Hier wissen wir aber, dass er erst seit der Eiszeit entstanden ist, deren Ablagerungen er theilweise überzieht, und folglich schrieb man gleiches Alter dem Pampaslöss zu. Die neueren Forschungen ergeben übereinstimmend, dass die Kräfte, welche bei uns seit dem Schluss der Tertiärzeit an der Herstellung der Lehmdecke gearbeitet haben, in Südamerika seit Beginn derselben ununterbrochen in Thätigkeit waren, und dass die tiefsten Theile des zuweilen bis 60 m mächtigen Bodens schon dem Eocän angehören, also einer Zeit, in welcher im Pariser

Becken der Grobkalk sich absetzte. Der Schluss aus der Analogie war hier ein verfehlter und es zeigt sich wiederum, dass die Geologie eines jeden Landes durch sich selbst erklärt werden will, nicht durch Unterordnung unter ein in anderen Gegenden gewonnenes Schema.

Wenn aber auch der Satz richtig wäre, dass die Intensität der mit einer Fauna vorgegangenen Veränderung der aufgewendeten Zeit proportional ist, so erfahren wir dadurch doch immer noch nicht, wie sich geologische Chronologie in eine positive, nach Jahren ausgedrückte Zeitbestimmung umwandeln lässt. Bei dem Interesse, welches diesem Gegenstande von nicht fachmännischen Kreisen entgegengebracht wird, sind hier einige Versuche geologischer Zeitbestimmung zusammengestellt.

Ueber die Zeit, in welcher sich vererbliche Veränderungen in einem Organismus so einnisten können, dass eine neue Art entsteht, wissen wir sehr wenig. Die aus Aegyptens ältester Vergangenheit stammenden und bis 5000 Jahre vor unserer Zeitrechnung zurückreichenden Thiermumien tragen keine Merkmale, die sie vor lebenden Ichneumoniden, Katzen und Krokodilen auszeichnen. Wenn an diesen Arten die Zeit scheinbar spurlos vorübergegangen ist, so hiesse doch die Verallgemeinerung dieser Beobachtung eine Reihe höchst wichtiger Thatsachen verleugnen, die eine ziemlich schnelle Umbildungsfähigkeit des Organismus zur Voraussetzung haben. Im 16. Jahrhundert wurden zahme Kaninchen auf der Insel Porto Santo bei Madeira ausgesetzt, welche dort in ungeheueren Massen sich vermehrt haben und eine verwilderte Rasse bilden, die von dem wilden Kaninchen Europas ganz verschieden ist, obwohl sie unzweifelhaft von dieser sich ableiten. Im Gegensatz zu der immer wiederholten Behauptung, dass unsere Culturrassen in der Freiheit auf die Stammart zurückschlagen, hat sich hier aus dieser über die Culturrasse hinweg eine selbständige Abart entwickelt und zwar in relativ kurzer Zeit. Aehnlich muss man die verschiedenen Wildrassen des Pferdes beurtheilen, Pampaspferd, Steppenpferd, Prairiepferd, Ponny, die alle gut von einander zu trennen sind und doch auf dem Wege der Culturrassenbildung und folgenden Verwilderung aus einer Stammart hervorgingen. Da das Pferd bis zur Zeit der Conquistadoren in Amerika unbekannt war, so ist auch hier die Umänderung eine relativ sehr rasche, in Correlation zu dem gewaltsamen, einschneidenden Wechsel der Lebensbedingungen. Es lassen sich diese Beispiele leicht vermehren, ich begnüge mich, die auch heute noch bestehende Möglichkeit rascher Umbildung der Organismen durch sie erläutert zu haben. Auch starre Unbildsamkeit anderer Organismen hat die Palaeontologie vielfach aufgedeckt; die zu den Brachiopoden gehörende Gattung Lingula ist schon

in den ältesten versteinerungsführenden Sedimenten zu finden und zieht sich in einer Kette schwer zu unterscheidender Arten bis in die Gegenwart hinein, ohne auch nur einen einzigen Character (wenigstens der Schalenbildung und der von der Muskulatur herrührenden Eindrücke im Innern der Schale) einzubüssen oder andere zu erwerben. Es giebt, das geht aus allen Beobachtungen der Palaeontologie und der Zoologie hervor, keine gleichmässig über alle Organismen vertheilte Tendenz zur Abänderung. Verhalten sich schon die nach verschiedenen Bauplänen zusammengesetzten Typen der Möglichkeit zu variiren gegenüber sehr verschieden, so wird die Incongruenz noch gesteigert durch die in verschiedener Art an sie herantretenden Reize zur Abänderung. Die Stärke der Variation in einen Zeitbetrag zu übersetzen, ist unmöglich. Aber dass die Umbildung ganzer Thierwelten grosse Zeiträume voraussetzt, ist zuversichtlich anzunehmen.

Anscheinend leichter müssten sich mechanische geologische Wirkungen ihrer Zeitdauer nach berechnen lassen, da wir für sie durch Beobachtung der Natur einen directen Massstab gewinnen. Niemand leugnet mehr, dass es dieselben Kräfte sind, welche jetzt wie von jeher an der Gestaltung der Erdoberfläche gearbeitet haben, während die Entstehung der Arten auch heute noch Vielen ein aussernatürlicher Vorgang ist.

Ein bekannter Versuch ungefährer Zeitberechnung stützt sich auf die Rückwärtswanderung des Niagarafalles. Die gewaltige Wassermasse, welche sich tosend über eine 55 m hohe Felsmauer hinabstürzt, untergräbt fortwährend deren aus weicherem Gestein bestehenden Fuss, sodass die harten Kalkbänke allmählich zum Sturz kommen und eine neue Angriffsfläche für die zerstörenden Wogen blosgelegt wird, die immer wieder demselben Schicksal anheimfällt. Die 12000 m lange, bis 80 m tiefe und von senkrechten Wänden begrenzte Schlucht von Queenstown aufwärts bis zur Stelle des Falles ist auf diese Weise in das Felsgestein hineingesägt und sie wird durch die unausgesetzte Arbeit des Flusses noch immer verlängert, bis sie den Eriesee erreicht hat und dessen Wasser mit gleichmässigem Gefälle in dieser engen Kluft dem Ontariosee zueilen werden. Heute liegen die Niagarafälle etwa von beiden Seen gleich weit entfernt. Wenn es richtig ist, dass das jährliche Zurückschreiten der Fälle kaum $^1/_3$ m beträgt, so hat die Ausfurchung der Niagaraschlucht mindestens 36000 Jahre gekostet, die durchaus der geologischen Jetztzeit angehören, da die höchsten vom Flusse durchschnittenen Schichten Anschwemmungen mit Resten noch heute in benachbarten Seen lebender Mollusken sind. Auf diese Weise ist ein Minimum für die Zeit gefunden, welche seit der Bildung jener geologisch jungen Gerölle und Sande

verstrichen ist, aber die Rechnung ist eine unsichere. Gesetzt, der Betrag von $^1/_3$ m wäre in der That genau ermittelt, so kennen wir doch nur die Arbeit, die der Fluss mittelst seines Wasserfalles heute leistet. Eine Senkung im Gebiete des Ontariosees würde das Gefälle und damit die Kraft sofort steigern und die Ausfurchung beschleunigen, eine Senkung der Gegend des Eriesees oder des Oberlaufes das Gegentheil hervorrufen. Wenn in entfernten Zeiten der Unterschied in der Höhenlage von Ontario- und Eriesee ein geringerer war und erst späteren Dislocationen das Gefälle ihres Verbindungskanales, des Niagara, zuzuschreiben ist, so bleiben wir mit der Schätzung von 36 000 Jahren weit hinter der Wahrheit zurück, und ebenso würden wir zu hoch geschätzt haben, wenn das Gefälle des Niagara früher ein stärkeres war.

Viele Versuche sind gemacht, aus der Dicke einer Ablagerung die Zeit zu berechnen, in der sie entstand; wir brauchen uns damit nicht zu beschäftigen, denn diese Art der Rechnung ist gänzlich aussichtslos. Wo und in welcher Mächtigkeit sich die vom Wasser bewegten Detritustheile ablagern werden, hängt von vielen, sehr verschiedenen Factoren ab, für die eine bestimmte Formel nicht existirt. In der Tiefe der See erhöht sich der Boden sehr langsam, aber auch in der Nähe der Küste verhindern Strömungen oft, dass ein Absatz sich bilde, indem sie immer und immer wieder den Boden fegen, und vielleicht, der eben genannten Regel zum Trotz, den Schutt erst über abyssischen Tiefen sinken lassen. Andererseits muss eine metermächtige Schicht, welche ein fossiler Baumstamm durchragt, relativ rasch entstanden sein, da alles Organische zerstört wird, wenn es nicht von Schlamm oder Sand fest umhüllt wird.

Eindringlicher reden die Zahlen, die man durch Betrachtungen über die allmähliche Abtragung der Festländer erhält. Einer der Hauptsätze Lyell'scher Geologie ist, dass die Mächtigkeit der im Meere zum Absatz kommenden Sedimente das Ausmass der Zerstörung auf dem Lande ist. Man ist häufig geneigt, letztere Thätigkeit zu unterschätzen, weil sie still arbeitet und im Allgemeinen dem Auge des Menschen sich wenig aufdrängt. Die Gebirge und die Küsten verändern sich für uns im Ganzen nicht, wenn auch gelegentlich die Wucht elementarer Ereignisse zeigt, dass diese Ruhe eine trügerische ist. Dagegen stehen wir staunend vor den Anhäufungen uralter Gesteine, die uns vollendet, imposant, sinnlich greifbar entgegentreten und nicht verrathen, welche Zeiträume sich in ihrer Ablagerung verzehrt haben.

Das Wasser, welches als Regen die Berges-Firsten bespült, sickernd sich in ihre feinsten Spalten drängt, als Quelle zu Tage tritt und in Bächen und endlich zu gewaltigen Strömen wieder vereinigt dem Oceane zurauscht, er-

hält durch seinen eigenen Wechsel auch die festen Massen im steten Fluss. Einige Zahlen mögen zeigen, wie bedeutend die mechanische Arbeit ist, die es im Transport zu leisten vermag.

Es handelt sich dabei nur um diejenigen Stoffe, welche suspendirt im Wasser schweben und auch im Unterlauf der Flüsse, wo gewöhnlich die lebendige Kraft eine geringere ist, nicht zur Ruhe kommen. Gerölle, Kies und Sand erleiden gewöhnlich nur eine Umlagerung und Aufarbeitung auf dem Lande und werden nur von kurzen Flüssen mit steilem Gefälle direct ins Meer geschwemmt, wo sie sich zu Schuttkegeln und Bänken um die Mündung anhäufen. Auch die suspendirten Theile, welche Gletscherflüsse bei ihrem Austritt aus dem Eisthore oft in beträchtlichen Mengen enthalten (1.42% bei der Aare), gelangen meist in den eingeschalteten Klärbecken alpiner Seen nochmals zur Ruhe, aber trotzdem wird durch immer neue Zufuhr der Gehalt an schwebenden Theilen auf einer gewissen Durchschnittshöhe gehalten. Starke Flüsse führen auf diese Weise sehr beträchtliche Grössen ins Meer, und da das salzige Wasser die sehr beachtenswerthe Eigenschaft hat, solche Stoffe rasch zu Boden sinken zu machen und zwar in etwa 15 Mal so kurzer Zeit als es in einem Süsswasserbecken der Fall sein würde, so entstehen vor den Mündungen der Ströme sehr ausgedehnte submarine Plateaus. Das Klima, die jährliche Regenmenge übt naturgemäss einen variirenden Einfluss. Der Ganges enthält auf 1000 Gewichtstheile Wasser 1.95 Gewichtstheile Suspendirtes, also noch mehr als die Aare unmittelbar unter dem Gletscher, der Mississippi nur 0.16. Trotzdem bringt dieser Riesenfluss 406 Billionen kg Schlammtheilchen jährlich in den Ocean! Noch weniger beachtet wird die chemische Lösungskraft des Wassers und erst in neuerer Zeit hat man auch diesen Factor entsprechend würdigen gelernt.

Die Menge des Gelösten kann im Durchschnitt auf $^1/_{6000}$ angeschlagen werden, obwohl sie bei vielen Flüssen beträchtlich grösser ist und die Menge des Suspendirten noch übertrifft. In 6000 Jahren führt ein Strom so viel Festes ins Meer, als das Gewicht seiner Wassermassen beträgt. Man bedenke dabei, dass bei Basel stündlich 112 Millionen Kubikfuss, in der Seine bei Paris 14 Millionen Kubikfuss, im Ganges bei Siciigully 1800 Millionen Kubikfuss (engl.) abfliessen.

Die Elbe entzieht ihrem 880 Quadratmeilen umfassenden Quellgebiet in Böhmen bei einer 6000 Millionen cbm betragenden Wassermasse jährlich 482 Millionen kg an gelösten Stoffen, wozu $495^3/_4$ Millionen kg Suspendirtes kommt. Ein anderes wichtiges Beispiel liefern die von Prestwich über das Themsewasser angestellten Untersuchungen. Abwärts Kingston führt der

Fluss auf 10 000 Theile 2,734 gelöster Substanzen. Eine Durchschnittsberechnung ergiebt, dass an Kingston täglich 1250 Millionen Gallons Wasser vorbeifliessen, eine Wassermasse, der 1502 Tons (à 2400 Pfund) gelöste Substanz entsprechen, demnach im Jahre 548230 Tons oder 658 Millionen kg.

So ziehen die Flüsse grossartige Spuren in die Oberfläche der Länder, ohne dass unsere Aufmerksamkeit rege wird und ganze Gebirge strömen den Oceanen zu im Laufe der Aeonen.

Mit diesen müssen wir angesichts der erzielten Wirkungen rechnen und unsere enge, an der Wiederkehr der Generationen schon erlahmende Zeitanschauung gewaltsam erweitern. 13000 Jahre müsste die Themse dieselbe Arbeit leisten, ehe ihr Quellgebiet oberhalb Kingston um 1 Fuss erniedrigt ist [1]). Wie häufig sehen wir aber zwischen zwei zeitlich nahe stehenden Schichtsystemen Erosionserscheinungen so grossartiger Natur, dass Tausende von Fuss oder Metern nicht hinreichen, den Betrag auszudrücken! Welche Unsummen von festem Gestein hat die Oberfläche Norddeutschlands seit der Oligocänzeit verloren, wo sie zum letzten Male von einem zusammenhängenden Meere bedeckt und geschützt war, und ehe sie von den glacialen Schuttmassen umhüllt wurde! Wenn wir das alles der Thätigkeit des fliessenden Wassers zuschreiben müssen, so werden wir auch zur Annahme unermesslicher Zeiträume gedrängt.

Manche weit ausgreifende Nivellirungen der Oberfläche haben, wie wir später sehen werden, ihren Grund in der vorschreitenden Meeresbrandung; ihre Kraft übersteigt ja bei weitem die des fliessenden Wassers, aber für die messbare Gegenwart ist ihr Antheil an dem Zerstörungswerke ein geringer. Sie selbst baut sich aus dem zertrümmerten und längs des Strandes aufgehäuftem Gestein ein Hinderniss, an dem sie erlahmt. Mühsam erreichen die Wellen den landein geschobenen Abfall oder Steilrand. Was hier zerstört wird, ist wesentlich auf die lockernde Thätigkeit des atmosphärischen Wassers zu setzen, welches dem Meere in die Hände arbeitet und die zusammenstürzenden Gehänge zur weiteren Verarbeitung zuführt. An manchen Stellen trägt das Meer sogar zur Erhöhung bei, indem hoher Seegang den Strand mit ausgespieenem Sand überzieht, der vom Winde zur Erhöhung der Dünen

1) In der oben mitgetheilten Gesammtsumme des Gelösten sind etwa 300 000 Tons Kalk enthalten. Rechnet man ein Ton Kalk zu 15 Kubikfuss, die Oberfläche des Quellgebietes der Themse oberhalb Kingston, soweit es aus Kreide- und Juraschichten besteht, zu 2072 Quadrat-Miles, so werden diesem Gebiete jährlich 290 905 Tons Kalkstein entzogen, also jeder Quadrat-Mile 140 Tons, im Jahrhundert 21 000 Kubikfuss, d. h. 9°/o der ganzen Oberfläche, und diese würde in 13 200 Jahren einen Fuss verlieren. (Vgl. Roth, Allg. u. chem. Geologie.)

verwendet wird. Die volle, ungeschwächte Kraft der Brandung zeigt sich nur, wo der Küstenstrich im Sinken begriffen ist und das Meer in gleichem Masse sich in das Land hineinzieht.

Lapparent schlägt bei einer neulich gegebenen Schätzung der gesammten jährlichen Abtragung die Arbeit der marinen Erosion nur auf einen verschwindend geringen Bruchtheil an. Im Ganzen berechnet er die jährliche Abtragung auf 16 Kubikkilometer [1]). A. Böhm hat in einer Studie über die Berechnung von Gebirgsvolumina die Masse der Dachsteingruppe über dem Niveau von 100 m auf 807 bis 808 Kubikkilometer berechnet. In etwas mehr als 50 Jahren wird also eine derartige Masse den Festländern entrissen und in den allgemeinen Ocean verstreut. Aber so gross der Betrag ist, wenn er concentrirt wird, so langsam arbeitet die Erosion auch bei dieser Schätzung, wenn wir sie gleichmässig vertheilt denken. Eine ganz oberflächliche Berechnung wird trotz der vielen Fehler im Ansatze hinreichen, dies zu zeigen.

Die Gesammtoberfläche der Erde wird zu 509 950 714 qkm angenommen (aus ihrer Masse berechnet), die des trockenen Landes zu 136 038 872 qkm, und die Oberfläche des Dachsteins, ebenfalls aus dem Volumen berechnet, beträgt 5016 qkm, also den 27 120sten Theil. Unter der allerdings nicht correcten Annahme einer gleichmässig vertheilten Erosion von $^{12}/_{100}$ mm jährlich, welche dem Betrage von 16 kkm entspricht, würden demnach aus dem Dachsteingebiet entzogen ca. 589 970 Kubikmeter. Die Masse des Dachsteins würde also hiernach erst in 13 695 600 Jahren auf das Niveau von 400 m heruntergebracht sein.

Welche riesenhaften Beträge festen Materials durch die Abspülung schon vom Alpengebirge entfernt sind, lehrt eine Betrachtung seines tektonischen Gefüges. Von den Falten, zu denen die Schichtgesteine zusammengedrängt wurden, sind nur Reste, von den stolzen Gewölben oft nur Fusspunkte erhalten, und ergänzt man aus dem Zusammenhang des Ganzen die schon entfernten Theile, so erheben sie sich in kühnen Luftsätteln so hoch über die jetzigen Firsten, dass man sieht, wie viele Gebirge im Betrage des Dachsteins hier schon zerstört sind. Bis zum Beginn des Miocäns lagen die Schichten, welche in der Jura-, Kreide- und älteren Tertiärzeit gebildet waren,

1) Unter Annahme der Murray'schen Zahlen für die mittlere Höhe der Continente und mittlere Tiefe der Meere (welche H. R. Mill letzthin auf 686 m und 3840 m corrigirt hat). Da die abgetragenen Theile ins Meer gefluthet werden, so steigt dessen Niveau proportional und zwar um 0,155 mm. In 4,5 Millionen Jahren wäre das Land völlig nivellirt und in einer Höhe mit dem Meeresspiegel.

noch annähernd horizontal wie Kartenblätter aufeinander. Die Haupthebung der Alpen fällt erst in das jüngere Tertiär, wenn auch schon in weit früheren Zeiten in dieser Gegend Inseln dem Meere entragten. Seitdem ist die zusammenhängende Folge und Decke der Sedimente zerstückelt und abgeschwemmt. Sicherlich arbeiteten Gebirgsbildung und Abtragung nebeneinander und musste die Erosion einsetzen, wo die ersten Sättel dem Schosse des Meeres entstiegen. Auch auf dem Lande sind Gebirgsketten, die quer zum Laufe eines kräftigen Flusses emporstiegen, zuweilen von diesem durchnagt, wie die Hebung fortschritt; das Thal, die Lücke ist dann älter als das Gebirge in seiner Vollendung. Aber manche Erscheinungen der alpinen Gesteinsfalten lassen sich nur erklären, wenn man annimmt, dass selbst die Decke der tertiären Gesteine während des eigentlichen Faltungsprocesses noch erhalten war. Eine Berechnung des Erosions- und Denudationsbetrages seit dem Miocän, einer geologisch der Gegenwart nahestehenden Periode, müsste zu colossalen Zahlen führen, beides, für die verschwundenen Massen und die entstrichene Zeit.

Die Zwischenzeiten drängen sich in der geologischen Perspective dichter zusammen und es ist gewöhnlich, dass die geringen Oscillationen, welche auch eng zusammenstehende Formationen zu unterscheiden pflegen, weniger beachtet werden. Dennoch verdienen sie alle Aufmerksamkeit, denn mit Rücksicht auf die jetzige Persistenz der Uferlinien, auch wenn dieselbe sich bei genauem Messen in langsame Bewegung auflösen sollte, ist jede Verschiebung der alten Meere einer enormen Zeit gleichzusetzen. Vom obersten Jura an bis zum Absatz der oberen Hilsbildungen war Deutschland zum Theil Festland, allerdings von weiten Lagunen und Sümpfen durchzogen; geologisch gedacht eine kurze Spanne und doch unendlich lang, wenn wir sehen, wie tief die Erosion in das Felsgerüst des Landes eingedrungen ist. Die marinen Thone und Eisensteine des oberen Hils oder Neocoms lagern bald auf Triasgebilden, bald auf Lias oder verschiedenen Jurastufen, bald auf den Süsswasserabsätzen des Wealden. Eine Hunderte von Metern mächtige Schicht ist in manchen Gegenden vom Lande abgetragen; nach dem Ansatze von Lapparent bedurfte es dazu vieler Millionen Jahre und doch hat das Interval nur den Werth einer geringen Unterstufe, deren wir Hunderte in der Schichtenreihe zählen. Die tieferen, marinen Schichten des Steinkohlengebirges findet man in Belgien, Schottland und in anderen Gegenden stark gefaltet, während die jüngeren carbonischen Schichten abweichend darüberliegen. Innerhalb dieser einen Periode konnten, wie die Verbreitung der Erscheinung lehrt, mächtige Gebirge zusammengestaucht

und wieder so vollkommen abgeschliffen werden, dass sich neue Sedimente über ihnen ablagerten.

In Südwales und den benachbarten Gegenden sind palaeozoische Schichten in einer Mächtigkeit von 11 000 Fuss theilweise zerstört; andererseits setzen die bis 30 000 Fuss mächtigen cambrischen und silurischen Gebilde Amerikas eine umfassende Erosion und Denudation der damaligen Festländer von unberechenbarer Dauer voraus, denn was hier angeschwemmt ist, muss einer anderen Stelle entnommen sein. Die Anhäufung selbst mag relativ rasch geschehen, denn die abgeschwemmten Stoffe unterliegen einer häufigen Umlagerung, ehe sie zu Sedimenten verfestigt werden, und vieles spricht dafür, besonders auch die Art, wie grössere Versteinerungen die Schichten durchragen, dass die überlieferten Sedimente jeweilig rasch entstanden sind. Trotzdem ist der hier angehäufte Gesteinsstoff, der verfestigte Detritus, das Product unendlich langer Arbeit.

An Spalten, welche in unbekannte Tiefen der Erdrinde, wahrscheinlich bis zu der Decke irgend welcher Hohlräume, hinabreichen, ist ein Theil der Schichten oft um mehrere Tausend Meter abgesunken; aber an Stelle der gewaltigen Staffel, welche sich weithin durch das Land verfolgen lassen sollte, findet man eingeebnetes Terrain und nur fachkundige Augen erkennen die Verstellung der Schichten. An solchen Zeichen lernt man die Dauer der geologischen Perioden würdigen, und wir empfinden, wie unsere ganze menschliche Geschichte mit ihrem Auf und Nieder, den Wanderungen der Völker und dem Zuge der Cultur vor diesen Zeiten zu einem Moment zusammenschwindet. Aber wir sind nicht zufrieden mit diesem Eindrucke, wir suchen nach einem Massstab und wäre auch die ganze Dauer der menschlichen Geschichte die Einheit der Scala. Der Astronom misst mit Sonnenweiten, und obwohl die Entfernungen dadurch dem Vorstellungsvermögen nicht zugänglicher werden, so ist doch das bedrückende, aufregende Gefühl eliminirt, das der Gedanke an die Unendlichkeit mit sich bringt.

Es ist seit längerer Zeit das Bestreben der mathematischen Geologie, astronomische Vorgänge, deren Dauer oder Wiederkehr sich in Zahlen ausdrücken lässt, für eine exacte geologische Zeitrechnung heranzuziehen. Ein erster Versuch wurde mit Anlehnung an eine von De Bergh und Adhémar entwickelte Hypothese über periodisches Schwanken des Meeresspiegels gemacht.

Die an der Oberfläche der Erde und bis zu einer gewissen Tiefe in diese hinab herrschenden Temperaturen haben ihre Quelle in der Sonne, und die Menge der zugeführten Wärme ist daher periodischen Schwankungen

unterworfen, je nach der Dauer der Bestrahlung, der Richtung der Strahlen und dem Abstande der Erde von der Sonne. Stände die Axe, um welche die Erde sich täglich einmal dreht, auf der Erdbahn senkrecht, so würde eine beständige Tag- und Nachtgleiche herrschen und von dem Einflusse der Sonnennähe abgesehen, würde durch die immer in gleicher Richtung an einem Orte der Oberfläche einfallenden Strahlen täglich das gleiche Quantum Wärme zugeführt, während nächtlich ebenfalls stets ein gleiches Quantum Wärme verloren ginge. Es gäbe keine Jahreszeiten. Die Neigung der Erdaxe gegen die Erdbahn (66° 32' 28"), welche während des Umlaufs unverändert beibehalten wird, ist die Ursache des Zu- und Abnehmens der Tage und des Wechsels der Jahreszeiten. Indem die Erdbewegung in der Nähe der Sonne an Geschwindigkeit zunimmt, wird die Jahreszeit, welche in die Sonnennähe fällt, verkürzt; gegenwärtig ist der Sommer (die Summe der Frühlings- und Sommertage) auf der nördlichen Halbkugel um 168 Stunden länger. Mit den durch die gegenseitige Anziehung der Planeten hervorgerufenen Störungen der Apsidenlinie verschiebt sich auch das Perihel jährlich um 11,80". Im Jahre 1250 v. Chr. hatte die nördliche Erdhälfte den längsten Sommer, im Jahre 6500 n. Chr. wird er dem Winter gleich sein und dann geht das Uebergewicht des Sommers auf die südliche Halbkugel über. In derselben Periode von 21000 Jahren ändert auch die Erdaxe, in Folge der Anziehungskraft von Sonne und Mond auf den ausgebauchten Theil des Erdsphäroids, fortwährend ihre Richtung. Die Erde schwankt wie ein rotirender Kreisel, und der Punkt, wo die ideale Verlängerung der Axe das Himmelsgewölbe trifft, beschreibt in 21000 Jahren einen vollständigen Kreis. So wird der Horizont beständig verschoben, neue Sternbilder tauchen auf, andere werden unsichtbar, und wie vor 14000 Jahren so wird in 7000 Jahren wieder das südliche Kreuz den Schiffern auf der Ostsee leuchten. Zu Hipparch's Zeit (130 v. Chr.) stand α des kleinen Bären noch um 12° vom Nordpol ab, in ca. 200 Jahren wird er ihm am nächsten stehen. Da gemäss dieser Verschiebung der Himmelspole auch die Tag- und Nachtgleichen allmählich immer früher eintreten, so bezeichnet man diese Erscheinung als die Praecession der Tag- und Nachtgleichen. Die Perihel- und die Praecessionsperioden spielen in allen Theorien, die in den geologischen Formationen einen Rhythmus erkennen und weitergehend hieran den Versuch einer exacten Zeitrechnung knüpfen, eine grosse Rolle. Dann aber sind besonders auch die Schwankungen in der Excentricität der Erdbahn betont, als ein Factor, der nicht ohne Einfluss auf die Intensität der Fluth bleiben kann.

Im Allgemeinen wirken die der Umdrehung der Erde entgegen gesetzt kreisenden Fluthen auf die Verzögerung der Rotation, also auf eine Verlängerung der Umdrehungszeit (des „Sternentages") hin. Da aber in einer grossen Periode der Excentricitätsschwankungen auch die Kraft, welche die Fluth hervorruft, um $^1/_{150}$ ihres Werthes variirt werden kann, so wird auch die Verlängerung des Sternentages nicht gleichmässig, sondern in Oscillationen erfolgen. In jeder grossen Periode von $4^1/_2$ Millionen Jahren lassen sich nach Mc. Farlan und Croll noch drei Cyclen und in jedem Cyclus 16 Oscillationen unterscheiden.

Die Adhémar'sche Hypothese ging zunächst von den Perihelperioden aus. Sie hielt sich an die Thatsache, dass die Südpolarnacht 168 Stunden länger ist als der Polartag; die dem Minus an Tag entsprechende geringere Zufuhr von Wärme, die dem Plus an Nacht entsprechende stärkere Ausstrahlung vereinigen sich, um die Anhäufung colossaler Eismassen zu ermöglichen, die im Laufe mehrerer Tausend Jahre allmählich eine grosse Eisschale um den Südpol bilden. Das Gewicht der dem Geoid hier aufgesetzten Eismassen zieht den Schwerpunkt der Erde dem Süden näher und in natürlicher Folge fluthen auch die Oceane dem Pole zu, überschwemmen dort die Länder und verursachen ein oceanisches Klima, während im Norden das Land in weiter Ausdehnung heraustritt und das Klima continental wird. Nach 10500 Jahren, also dem Ablauf einer halben Perihelperiode, kehrt das Wasser allmählich zum Norden zurück, um dort dieselben Erscheinungen hervorzurufen. Besondere Stützen dieser theoretischen Ableitung sah Adhémar in der nach dem Pole zugespitzten Gestalt der südlichen Festländer, in dem Reichthum der nördlichen Halbkugel an Binnenseen; jenes ist das Bild einer von Norden gekommenen Ueberfluthung, dieses das abtrocknender Festländer. Periodische Eiszeiten sind eine Consequenz dieser Hypothese und Adhémar glaubte selbst die bei vielen Völkern wiederkehrende Fluthsage in diesen Gedankengang einbeziehen zu dürfen. In der That, wenn ein so gewaltiges Umsetzen der Meere sich in 21000 Jahren vollendet, sodass alle 10500 Jahre eine Sintfluth sich über die eine Halbkugel wälzt, so muss in der historischen Erinnerung der alten Völker wenigstens eine derselben noch haften.

In den geologischen Formationen würde der Wechsel in der Vertheilung des Meeres, der auch ein Wechsel der Tiefe ist, sich durch andere Beschaffenheit der Sedimente aussprechen. Ist eine Küste in Senkung, so arbeitet sich die Brandung landein und überzieht den Boden mit groben Zerstörungsproducten; je weiter der Strand vordringt, desto mehr vertieft sich das Meer

über der einstigen Küste, und es wird ein Zeitpunkt eintreten, wo statt des Sandes und der Gerölle feiner Thon und Kalkschlamm sich absetzen. Steigt das Land wieder auf, so kehrt der Strand zurück und mit ihm grobes Geröll etc., das die Thonschicht nach oben abschliesst. Diese Cyclen der Sedimentation, wie sie Newberry nannte — wir haben in der deutschen Trias ein ausgezeichnetes Beispiel — müssen in der gleichen Weise durch ein periodisches Anschwellen und Sinken der See hervorgerufen werden.

Mayer-Eymar gründete hierauf seine Eintheilung und Chronologie der Gesteine. Es handelt sich bei ihm nicht mehr um die Rücksicht auf die Entwickelungshöhe und die Veränderungen in der Thierwelt, sondern um die mechanische Abwechselung zwischen Sedimenten, die in seichten oder in tiefen Meeren entstanden sind, gemäss deren Umsetzung. Jeder Perihelperiode entspricht eine geologische Einheit, Etage oder Stufe, und jede Etage besteht aus zwei Theilen, welche dem Maximum und dem Minimum des Wasserstandes entsprechen. Tiefseesedimente, Thon, Schiefer und Mergel sind für die erste (mers amples), sandige, grandige Ablagerungen, Korallen- und Nulliporenbänke, Brack- und Süsswasserschichten für die zweite (mers basses) characteristisch. Die Etagen der beiden Hemisphären alterniren also ihrer Ausbildung nach. So gelangte Mayer-Eymar dahin, aus dem Wechsel der Sedimente ihr Alter zu bestimmen, und er berechnete z. B. die Gesammtdauer des Tertiärs auf max. 325 000 Jahre, die der Kreide auf max. 230 000 Jahre.

Aber die Hypothesen Adhémars sind unhaltbar, auch in der ihnen von Schmick und Croll gegebenen Form. Trotz ihres längeren Winters erhält die südliche Halbkugel von der Sonne ebensoviel Wärme als die nördliche, da sie sich während dieser Jahreszeit in Sonnennähe befindet, ein Satz, den schon Lambert in seiner Pyrometrie aufgestellt hat, und dass die südliche Halbkugel das ihr eigenthümliche Klima hat (kühle Sommer, milde Winter), beruht allein auf der durch tektonische Bewegungen veranlassten Vertheilung von Land und Wasser. Wäre die Hypothese richtig, so müssten wir, da die Begünstigung der nördlichen Halbkugel seit dem Jahre 1248 aufgehört hat, schon ein merkliches Ansteigen des Meeres im Norden beobachten, während thatsächlich das Gegentheil der Fall zu sein scheint. Es lässt sich auch durch Rechnung erweisen, dass die grösste Anhäufung von Schnee und Eis, die nach den Praemissen der Hypothese in dem Polargebiet entstehen kann, kaum genügt, um den Schwerpunkt des Planeten um 0,3 m zu verschieben. „Es ist unmittelbar klar, dass eine solche Thatsache selbst der schärfsten Beobachtungsinstrumente spottete, am allerwenigsten aber von jener weittragen-

den Bedeutung sein könnte, welche ihr die Anhänger der Adhémar'schen Hypothese zuerkennen." (Peschel-Leipoldt.)

Wenn die Hypothese fällt, kann sich auch die auf sie gegründete Chronologie nicht halten. Dennoch spielen die angeblichen Rückwirkungen der Praecession der Nachtgleichen auch in die späteren Versuche hinein, die geologische Zeitrechnung wesentlich auf die Excentricitätsschwankungen zu basiren. So hält Blytt, der in letzter Zeit sich viel mit diesen Problemen beschäftigt hat, daran fest, dass auch die Praecessionserscheinungen sich in der geologischen Schichtenreihe widerspiegeln.

Die Praecession bewirkt, dass Sommer und Winter wechselweise kürzer oder länger sind. In jener Hälfte der Periode, wo der Winter länger als der Sommer ist, wird der Unterschied zwischen continentalem und Küstenklima verschärft, die Winde regen sich stärker und in Folge dessen wächst auch die Stärke der Meeresströmungen, was seine Rückwirkung auf das Klima haben muss. Die Aenderung dieses durch die Praecession ist zwar nicht bedeutend, aber doch stark genug, dass sie sich im Wechsel der Schichten und in der Bildung von Strandlinien, Terrassen, Moränen etc. ausprägen wird. Jeder Praecessionsperiode entspricht ein Schichtenwechsel.

Die Excentricität der Erdbahn ist periodisch veränderlich; ihr Mittelwerth steigt und sinkt in einer Periode von ca. 1 $^1/_2$ Millionen Jahr (Cyclus) unter 16 Oscillationen. Die Fluthwelle, welche für eine Verlängerung des Sternentages (der Rotationszeit) als wichtigste Kraft in Anschlag zu setzen ist, steigt und sinkt etwas mit diesen Cyclen. Indem die Rotation nachlässt, mindert sich auch die Schleuderkraft im Aequator und die Wasserfülle zieht sich wieder mehr nach den Polen hinauf, oscillatorisch zwar, aber doch beständig. Aber auch das Innere der Erde wird durch gewaltigen Druck plastisch gehalten, und es wirkt aus denselben Ursachen, je mehr der Sternentag sich verlängert, so gewaltig gegen die höheren Breiten, bis die Rinde nachgiebt oder bricht. So strebt auch die Erde beständig zur Kugelform zurück, aber die Bewegungen der festen Kruste erfolgen langsamer als die des beweglichen Meeres, welches sich jeder Aenderung der Rotationszeit sofort anschliesst, und oft löst sich die angehäufte Spannung plötzlich aus. Hieraus folgt zweierlei, dass nämlich die Incongruenz zwischen den Bewegungen der Hydrosphäre und des Festen zu Verschiebungen der Strandlinien führen muss, und dass, eben weil die Bewegung der Erdrinde nicht gleichmässig erfolgt, sondern local und deswegen summirt in Erscheinung tritt, die Beträge dieser Verschiebungen viel grösser sind als das Schwanken der Meere.

Trotz der Ungleichmässigkeit, mit der die Erdveste dem Zuge nach den

Polen folgt, wird das Endresultat doch die Erreichung der Kugelform sein; die nächste Consequenz sind aber die Lücken in den Reihen der Sedimente. Will man die Oscillationen der Excentricitätsperiode in ihrer Rückwirkung auf die Meeresabsätze studiren, so wird man die Profile mehrerer Orte combiniren müssen. Indem Blytt seine Principien auf die Tertiärzeit anwendet, findet er in ihr die drei Cyclen einer grossen Periode ausgesprochen; der erste Cyclus umfasst das Eocän, der zweite Oligocän, Miocän und Pliocän, der dritte, noch nicht vollendet, das Quartär und die Gegenwart; auch die Oscillationen sind in den Unterstufen der Formation repräsentirt. Setzt man den Anfang der Periode auf 3 250 000 Jahr zurück, so reicht das

Untereocän	von	3 250 000	bis	2 720 000
Mitteleocän	„	2 720 000	„	2 150 000
Ohereocän	„	2 150 000	„	1 810 000
Oligocän	„	1 810 000	„	1 160 000
Miocän	„	1 160 000	„	700 000
Pliocän	„	700 000	„	350 000
Quartär	„	350 000 bis jetzt.		

Die von Blytt erzielten Werthe sind fast das Zehnfache der von Mayer aufgestellten Summen und mögen sich den wirklichen Werthen, deren Grösse wir aus der in geologisch eng begrenzten Stufen geleisteten Hebungs-, Dislocations- und Abtragungsarbeit erschlossen, wohl eher annähern. Es bleibt unter allen Versuchen, die gemacht sind, absolute Zeitbestimmungen zu erzielen, der bedeutendste, aber ohne Bestätigung von Seiten der beobachtenden Geologie auch nur ein solcher. Zuerst muss die noch weiter gehende Hypothese, dass in der Verbreitung der geologischen Formationen ein periodisch wiederholtes Andrängen der Meere nach den Polen sich bestimmend bemerklich macht, besser gestützt werden, ehe man daran gehen kann, aus combinirten Profilen, in denen mit der Verstärkung des Momentes localer Ausbildung auch die Gelegenheit zu irren gewachsen ist, auf die Spur der untergeordneten Oscillationen zu kommen. Die Geschichte der bewohnten Erde ist die Geschichte der Meere; die Wogen rasten nimmer, aber ob es das rhythmische Spiel der Anziehungskräfte ist, das sie über die Länder treibt, oder das zuckende Felsgerüst der Erde, das steht dahin.

Viertes Capitel.

Das cambrische System.

Der Zusammenhang der archäischen Gesteine wird dadurch gewahrt, dass sie die alten Festländer bildeten, welche der cambrische Ocean umbrandete. Faltungen und Stauchungen hatten die Gneisse und Glimmerschiefer schon zu Gebirgen emporgetrieben, ehe die cambrischen Sedimente zum Absatze gelangten, und nicht allein die Brandungswogen, sondern auch die von den Höhen herabeilenden Gewässer häuften jene colossalen Schuttmassen längs der Küstenlinien an, die zum Beispiel am Ostabhange der Appalachen in cambrischer Zeit sich bildeten. Auf Klüften des Gneisses drangen eruptive Magmen in die Höhe, Diabase, Syenit und Felsitporphyre, und bildeten archäische Ergüsse, die nach der Senkung des Landes wieder in Sedimenten begraben wurden.

A. Die ältesten versteinerungsführenden Schichten.

Ablagerung grober Gerölle, Conglomerate, Breccien und Sandsteine bezeichnen in vielen Gegenden den Einbruch des Meeres über die sich senkenden Erdvesten der krystallinischen Gesteine. Die Wogen drangen landeinwärts, drängten die Küstensäume zurück und bedeckten die abgenagte Fläche mit den gröberen Zerstörungsproducten, während die feinen Sand- und Schlammtheilchen, von der lebenden Kraft des Wassers in der Schwebe gehalten, in den grossen Ocean zurückgefluthet wurden. In England hat man zuerst diese „basal conglomerats", die Grundconglomerate, als das Anfangsglied der cambrischen Schichtenfolge ausgeschieden; aber ihre Verbreitung geht weit über die Grenzen Englands hinaus und wie man die in Böhmen über der gneissischen Unterlage auftretenden versteinerungsleeren Přibramer Conglomerate und Grauwacken, die sich z. Th. aus den Trümmern dieses Muttergesteines zusammensetzen, den englischen Harlech- und Caerfai-

Schichten vergleicht, so darf man auch analogen Gesteinen in Nordamerika, die z. Th. durch eine Discordanz von den versteinerungsführenden Schichten getrennt, dem Urgneiss unmittelbar auflagern, gleiche Entstehungszeit und gleiche Bildung zuschreiben. Bis zu 1200 Fuss schwellen dort, in der „acadischen Provinz“, in einer Zone, welche dem Streichen der Appalachen östlich folgend von Massachusetts bis Newfoundland auftritt, diese groben, rothen Conglomerate, Schiefer und Sandsteine an, und bezeugen die gewaltige Thätigkeit der Brandung, welche den stetig sinkenden Boden auch beständig mit neuen Trümmern der Festlandssockel bedeckte. England, Nordfrankreich. Böhmen und wahrscheinlich auch Theile des nördlichen und mittleren Deutschlands lagen unter dem Spiegel des cambro-atlantischen Meeres begraben. Nach Norden versuchte es seine Kraft an den krystallinischen Massen Finnlands und Skandinaviens und brandete an dem alten Gneissgebirge, welches von den Lofoten her an Norwegens Westseite entlang zieht und wahrscheinlich mit dem Gneiss der Hebriden in Zusammenhang stand — dem Saum eines Festlandes, das bis zum östlichen Ufer der Baffinsbay reichte und das heutige Grönland als centralen Theil umfasste. Was das Meer diesem festen Landrücken abgewonnen, wurde mit Trümmergesteinen bedeckt, welche die nordischen Geologen als Sparagmite bezeichnen. Von Südschweden aus zog das Meer an der finnländischen Masse entlang in die russischen Ostseeprovinzen und erstreckte sich hier bis zum Wolchow und weiter; ein schmälerer Arm reichte durch das östliche Deutschland bis nach Galizien, wo bei Sandomir cambrische Gesteine mit schwedischer Fauna wieder zu Tage treten. Wir müssen festhalten, dass es ein selbständiger und nach Osten ganz abgeschlossener Meerestheil war, dessen Sedimente in Russland unzweifelhaft die Nähe des Ufers verrathen und dessen Thierwelt von jener der mitteleuropäischen Zone, wie sie besonders aus den böhmischen Ablagerungen bekannt geworden ist, so erheblich abweicht, dass die Verbindung zwischen beiden Meerestheilen nur gering gewesen sein kann. An Stelle der Basal-Conglomerate liegen im Westgotland, der classischen Gegend für das Studium der ältesten Meeresgebilde Schwedens, dem Gneiss die sogenannten Fucoiden-Sandsteine auf, welche immerhin jenen noch direct zu vergleichen sind. Bald treffen wir sie als Grauwacken, bald als Conglomerate oder arkosenartige [1]), gneissähnliche Schiefer, aus umgelagerten Gneiss- und Granitbrocken zusammengebacken. Die Lagerung und die Beschaffenheit kenn-

1) Arkose heisst in der Geologie ein feldspathhaltiges Gestein, das aus den Trümmern krystallinischer Gesteine besteht.

zeichnen sie als die ältesten Sedimente des transgredirenden cambrischen Meeres.

Ganz anders zeigt sich das älteste Cambrium in Russland. Am Fusse des Glints, jenes Steilabbruchs der esthländischen alten Gesteine gegen die See hin, der als scharfe Terrainkante einen grossen Theil des Landes, bis nach Ingermannland, umsäumt und der Küste einen malerischen Reiz verleiht, treten hier und dort blaue Thone heraus, welche nach oben und unten in Sande übergehen und nach Bohrlöchern in Petersburg dem Urgesteine unmittelbar aufgelagert sind. So unverfestigt und locker treten uns diese Gebilde entgegen, dass wir glauben möchten, mit den jüngsten Anschwemmungen des Meeres zu thun zu haben, wenn nicht hoch über ihnen jene Serie von Silurkalken aufträte, die ihr ehrwürdiges Alter bezeugt. Gründe, die wir noch näher besprechen werden, lassen einen Theil des „Blauen Thones“ sehr genau mit den Fucoïdensandsteinen Südschwedens, berühmt besonders von Lugnås, in Parallele stellen. Die Wogen des Meeres erreichten diese Gegenden nur noch mit geschwächter Kraft, welche die finnländischen Granite und Gneisse nicht mehr zu zertrümmern vermochte, und während in Schweden und Norwegen die Brandung zerstörend wirkte, entsanken hier den arbeitslahmen Wellen die dort entrissenen feinkörnigen und thonigen Bestandtheile.

Machen wir hier vorläufig Halt, um einen Blick auf die Thierwelt zu werfen, welche mit dem cambrischen Meere in die geschilderten Gebiete einwanderte. Mit grossen Erwartungen treten wir an die ältesten Urkunden untergegangener Geschöpfe heran, nachdem die nähere Untersuchung des Eozoon der krystallinischen Schiefer[1]) uns nur eine Enttäuschung gebracht hat, nicht ein einziger Beweis für die Existenz von Organismen während der Bildung jener sich als stichhaltig erwies, und wir annehmen müssen, dass sie den ihnen beigelegten Namen der „azoischen“ Schichtengruppe nur zu sehr mit Recht tragen.

Und doch enthüllen uns auch die unmittelbar über den azoischen Schiefern, nachweislich vom Meere abgelagerten Gesteine nicht den Ursprung der Thierwelt. Was die meistens deutlich sichtbare ungleichförmige Lagerung der untercambrischen Schichten auf Gneiss, Glimmerschiefer und Urthonschiefer dem Auge des Geologen schon angedeutet hat, das verräth sich auch dem

1) Nach den trefflichen Untersuchungen von Möbius, welche die anorganische Natur der in den laurentischen Gneissen Amerikas und Bayerns vorkommenden Knollen zwingend darthun, kann man von einer Besprechung des Eozoon canadense, angeblich einer riesigen Foraminifere, füglich absehen.

Palaeontologen, der prüfend an die versteinerten Thierreste herantritt. Ein unausdenkbar langer Zeitraum trennt die Bildung der Basalconglomerate und ähnlicher Schichten von der Zeit, als Gneiss und Glimmerschiefer entstanden, und wir haben keine Kunde von ihm! Eine Zeit ohne Tradition, welche die Unvollendbarkeit der Palaeontologie aus rein äusserlicher Ursache befürchten lässt! Wir wissen nicht, wo das Meer jene ältesten Sedimente mit der wirklich ältesten Fauna, mit den ersten Thieren und Pflanzen, abgelagert hat, ob überhaupt Gesteine entstanden sind, welche solche einschliessen.

Wir durchstreifen alle Continente und finden immer wieder Gneiss und krystallinische Schiefer als Fundamente, immer wieder cambrische Schichten im unmittelbaren Anschluss. Dass von manchen Geologen die mächtige Folge der untercambrischen Schichten noch weiter getheilt und als Pebidian, Algonkian u. s. w. eine besondere praecambrische Gruppe ausgeschieden wird, ändert am Thatbestande nichts. In diesen vielgestaltigen, meist aber groben und der Erhaltung von Versteinerungen wenig günstigen Küstensedimenten sind fossilführende Bänke nur ausnahmsweise eingeschaltet und stets mehr nach oben hin, den Ablagerungen mittelcambrischer Zeit genähert. Die Gleichartigkeit der Fauna gestattete, diese Bänke einander gleichzustellen, aber es wäre irrig, sie als die untere Grenze des Cambrium aufzufassen. Wir haben keine Kenntniss davon, wieweit nach der Tiefe hin oder in die Vergangenheit zurück diese untercambrische Fauna ihren Character bewahrt, und weder die Mächtigkeit der basalen, versteinerungsleeren Sedimente, noch ihre Beschaffenheit, noch etwa ihre abweichende Lagerung berechtigen, ohne weiteren Beweis eine praecambrische Formation zwischen die archäischen Schiefer und das Cambrium einzuschalten. In mancher Beziehung wird man an Verhältnisse erinnert, die viel später, in der Steinkohlenzeit sich wiederholen, und die Contraste zwischen Culm und Obercarbon bedingen; auch hier wird durch Discordanzen, meist auch durch petrographisch abweichende Bildung, ein scharfer Schnitt durch eine Formation gelegt, die darum niemand in zwei auflösen wird.

Gerade in dem Lande, wo fast allgemein eine praecambrische Formation angenommen ist, in Nordamerika, fehlt es überall an Handhaben, sie scharf zu characterisiren. Im Gran Cañon des Colorado liegen cambrische Schichten discordant auf angeblich „algonkianischen", und auch in der atlantischen Provinz werden die Sandsteine, Quarzite und Schiefer, die sich zwischen dio cambrischen Schichten mit der Olenellus-Fauna und die laurentischen Gneisse einschieben, als „algonkisch" bezeichnet; am Westabhange der Wasatchberge rechnet Walcott noch über 11000 Fuss mächtige Quarzite und Kieselschiefer

unter der letzten versteinerungsführenden Zone zum Cambrium, ebenso in Nevada, Montana und British Columbien.

Ohne Zweifel drang an vielen Stellen der Erde der Ocean schon in uralter Zeit gegen das Festland an und bedeckte es mit seinen eigenen Trümmern. Die Schiefer von St. Lô in der Normandie, die Keweenawan Series des Lake Superior gehören in diese Kategorie. Organische Reste sind aber in diesen Gesteinen niemals entdeckt worden[1]). Ist die Gesteinsbeschaffenheit der untercambrischen Basalconglomerate oder der Sandsteine von Lugnås schon für die Erhaltung von Fossilien so ungünstig, dass man fast auf die Deutung von Spuren angewiesen ist, so gilt das noch weit mehr vom „Praecambrium", welches als tiefstes Glied der Schichtenserie durch den Gebirgsdruck und die Einwirkung granitischer Eruptivstöcke oft so stark verändert ist, dass jede organische Form oder Bildung zerstört werden musste.

Unter diesen versteinerungslosen Schichten folgt stets die Reihe der archäischen Schiefer, in denen wir, wie oben ausgeführt, Reste organischer Natur kaum zu erwarten haben. Sie bilden auch nicht die Fortsetzung der versteinerungsführenden oder normal sedimentirten Formationen nach der Tiefe zu, sondern hier liegt ein Riss des Zusammenhanges der Entwickelung vor. Die Thatsache der Zeit ohne Tradition tritt in voller Schroffheit in den Vordergrund.

Der Metamorphismus hilft die Kluft nicht überbrücken, eher könnte man folgende Ueberlegung zur Erklärung heranziehen.

Trotz der grossen, sich beständig wenn auch fast unmerklich vollziehenden Veränderungen in dem Verhältniss von Festland und Meer, durch welche bald enorme Strecken trocken gelegt, bald ganze Länder dem Meere zurückgegeben wurden, haben die Oceane ihren Schwerpunkt, um den sie sich bewegen, Meerestiefen, die von jeher, seit der Entstehung der Hydrosphäre, gewesen sind. Die Bildung der Continente erfolgt an den Stellen der Erdkruste, welche früh in einen Gegensatz zu diesen Hauptvertiefungen traten, ohne deswegen nothwendigerweise immer dem Wasser zu entragen. Es fragt sich aber, und das ist eine kritische Frage für manche geologische Betrachtungsweise, sind die Landmassen gewachsen oder verringert gegenüber der sich gleich bleibenden Hydrosphäre. Der erste Fall bedingt eine Zusammendrängung und Vertiefung der Meere, der zweite eine Ausdehnung und Verflachung, zugleich grössere Beweglichkeit. Dass aber die Schwankungen der

1) Walcott erwähnt Trilobiten und Hyolithenreste aus Colorado, ist aber selbst der Deutung dieser Schichten als „praecambrisch" nicht sicher.

Meere gegen die Tertiärzeit hin abgenommen hätten, kann man aus den Thatsachen der Geologie nicht folgern.

Fast allgemein wird das allmähliche Wachsthum der Continente als Grundlage weiteren Betrachtungen untergelegt. Die endlos ausgedehnten Meere der palaeozoischen Zeiten spielen eine grosse Rolle; hier und da gönnt man dem „Nucleus“ eines werdenden Continentes sein bescheidenes Plätzchen. Gegen diese Anschauung müssen ernste Zweifel erhoben werden. Die Tiefenverhältnisse der Oceane weisen nicht allein darauf hin, dass die „Sockel“ der Continente ausserordentlich viel weiter reichen, als die Flächen trockenen Landes, sondern es existiren auch Höhenzüge innerhalb der grossen Meere, welche in inniger Abhängigkeit vom Festlande zu stehen scheinen.

Die Verbreitung der ältesten Sedimentärformationen ist nichts weniger als universal festgestellt, sondern vielfach kennen wir nur schmale Zonen an den Rändern der Continente. Afrika bildet eine geschlossene Masse, die im Innern nach aller Erfahrung aus krystallinischen Gesteinen besteht. Wir können der säcularen Verwitterung, die durch Aeonen diesen Klotz benagte, einen hohen Einfluss einräumen, aber sie hätte nicht vermocht, den Felscoloss ganz von Sedimenten zu entblössen, wo sich doch an den Rändern die Spuren erhalten haben. In Südamerika, welches in der Ausdehnung krystallinischer Gesteine ein Seitenstück zu Afrika bildet, hat man schon vielfach aufgelagerte Sedimente gefunden, aber noch niemals eine primordialcambrische Fauna und nur sehr spärlich silurische Kalke.

In Russland macht die cambrische Meeresbedeckung etwa in der Länge von Petersburg Halt; selbst in Mitteleuropa waren grosse Züge festen Landes vorhanden; die untercambrischen Schichten sind fast nirgends beobachtet in Deutschland, den Alpenländern, Centralfrankreich, Sardinien und Italien.

Nordamerika war ein grosser Continent, der sich weit nach Norden und Osten, bis zur Verbindung mit Grönland und über dieses mit Norwegen ausdehnte, vielleicht mit Südamerika zusammenhing, während die westlichen Staaten und ein schmaler Saum der atlantischen Küstenländer unter dem Meere lagen.

In Asien haben wir cambrische Schichten vom Himalaya (früher z. Th. für Carbon gehalten) durch China bis nach Korea und den Amurländern, aber Mittelasien, Sibirien und die arktischen Länder scheinen Festland gewesen zu sein. Kurz, die beobachteten Daten müssten sehr gewaltsam verwerthet werden, wenn sich aus ihnen eine altcambrische Inundation und geringe inselförmige Festlandsentfaltung ergeben sollte.

Nach den neueren Theorien der Geologie herrscht im Allgemeinen die

sinkende Bewegung in der Erdrinde, also die Tendenz, auch die Continentalmassen dem Erdinneren näher zu bringen, mit anderen Worten (da das Wasserquantum sich wahrscheinlich gleich geblieben ist), das Verhältniss von Wasser und Land ändert sich, da die Oceane sich nicht unbegrenzt vertiefen können, zu Gunsten des Ersteren, die randlichen Theile der Continente werden zu submarinen Böschungen und die flacheren Meerestheile im Verhältniss zu den tiefen Becken ausgedehnt. Die stratigraphische Geologie enthält manchen Hinweis, dass Meer und Küste immer mannichfaltigere Bewegungen ausführen, je näher wir der Gegenwart kommen. Eine geringe Veränderung in der Erdkruste kann ein flaches Meer schon zu ausgedehnten Uebergriffen zwingen, während die tiefeu Becken der ältesten Zeit noch kaum alterirt wurden.

Wie dem auch sei, wir haben wenig Hoffnung, die ältesten Sedimente und die ältesten Versteinerungen je auszuspüren. Die Uferzonen, auf denen die wahrhaft praecambrischen Meere ihre Sedimente abluden, sind, wenn sie überhaupt jemals Festland gewesen sind, in grosser Ausdehnung wieder in den Schoss des Meeres zurückgesunken. Die stillen Tiefen der Oceane aber, welche von jeher mit Wasser erfüllt waren, verrathen nichts und enthalten wohl auch nicht einmal Ablagerungen aus jener Zeit.

Das Thierleben der untercambrischen Zeit. Wir werden uns mit den Nachrichten begnügen müssen, die wir den untercambrischen Schichten entnehmen. Dass eine sehr tief stehende Fauna jene Meere bevölkerte, ist immerhin eine der wichtigsten Bestätigungen der Entwicklungstheorie. Schon im Silur finden wir zahlreiche neue Typen eingeschaltet, immer mannichfaltiger wird im Verlauf der geologischen Zeiten das Bild der lebenden Schöpfung, bis zur Tertiärzeit alle die wichtigen Thier- und Pflanzenformen vorhanden sind, die wir kennen und auch die ersten Spuren menschlicher Existenz und Thätigkeit sich zeigen.

Das System der Zoologen unterscheidet neun Hauptabtheilungen in der Thierwelt, deren jede einen „Typus“ für sich bildet und gegenwärtig nicht durch Uebergänge mit den anderen Typen verbunden ist. Diese Typen müssen sich sehr frühe von einander getrennt haben, denn auch die ältesten palaeontologischen Funde zeigen sie unvermischt, mit anscheinend einer Ausnahme, welche den höchsten Typus der Wirbelthiere betrifft. Ein Beweis der Nichtexistenz liegt aber nicht vor und kann auch nie geführt werden. Wahrscheinlicher ist sogar, dass auch dieser Typus schon abgezweigt war, dass aber die Stützgebilde des Wirbelthierkörpers noch nicht erhaltungsfähig waren.

Die Entstehung der Arten bildet das Problem, welches die biologischen

Wissenschaften seit dem Beginn dieses Jahrhunderts beschäftigt. Anfangs nur von wenigen hervorragenden Gelehrten getragen, von den Massen bitter befehdet, ist der Gedanke, dass die belebte Welt nicht das Product einer unmittelbaren Schöpfung, sondern das gegenwärtige Stadium einer beständigen Veränderung und zwar einer Entwickelung vom Einfachen oder Allgemeinen zum Zusammengesetzten oder Besonderen sei, seit den fünfziger Jahren ein Gemeingut des denkenden Volkes geworden. Darwin's durch die Fülle der Einzelstudien, die Tiefe des Denkens und durch die Gewalt des Vortrages hinreissende Arbeiten fassten alle Beobachtungen in dem Brennpunkte einer einheitlichen Erklärung znsammen. Sie wirkten wie ein electrischer Funke auf die schon lange vorbereitete und nach Gestaltung eines vorschwebenden Gedankens ringende Wissenschaft. Die Methode der Forschung wurde umgestaltet, ein einheitliches Ziel war gegeben, in dem die Einzelfächer wieder zur Vereinigung kamen. Jeder suchte auf seinem Felde nach Beweisen für den Fundamentalsatz Darwin's, dass Abänderungen vererblich und durch das Gesetz der natürlichen Auslese zum Range von Arten erhoben seien. Die Ueberzeugung von der Wahrheit der Darwin'schen Lehre war so fest, dass man sie fast als Axiom auffasste, das weniger bewiesen als in allen Erscheinungen der belebten Welt wieder erkannt werden müsse. Häckel's biogenetisches Grundgesetz riss dann auch die Schranken der Gegenwart nieder und machte die embryologische Forschung zum Wegweiser durch die entlegenste Vergangenheit, indem es forderte, dass jedes Individuum in seiner Entwickelung aus der befruchteten Eizelle zu dem mit den Kennzeichen der Art ausgestatteten erwachsenen Geschöpfe abgekürzt den Entwickelungsgang der Art vor Angen führe. Gesichert ist aber von dem stolzen Gebäude dieser erregten Zeit nur der Satz, den auch Lamarck und andere vor und nach ihm schon verfochten, dass die Arten nicht geschaffen sind, sondern im Lauf grosser Zeiträume sich aus einander, aus erloschenen Arten entwickelt haben, und es ist wesentlich das Verdienst der geologischen und palaeontologischen Forschung, hierfür die Beweise herbeigeschafft zu haben. Häckel's Grundgesetz konnte sie nicht liefern, da es sich ergab, dass im embryonalen Leben immer auch Eigenschaften auftreten, welche dem Entwickelungsgang der Art fremd sind und die Rückschlüsse so trügerisch machen, dass sie in jedem Falle erst der Bestätigung durch die Palaeontologie bedürfen. Um so fester begründet erscheinen die Beobachtungen, welche zugleich aus der Embryologie und der Palaeontologie erschlossen werden konnten. Die Zoologen und Botaniker haben eine Reihe von Thatsachen zusammengebracht, welche die künstliche Grenze zwischen Art und Varietät niedergelegt haben, aber diese würden nur erweisen, dass auf dem

Wege der Varietätenbildung eine Spaltung, eine Vermehrung der Arten in der Gegenwart eintreten kann. Da andere Arten in historischen Zeiten ausgestorben sind, so ist zwar die Veränderung der gegenwärtigen Schöpfung dadurch erwiesen, aber diese Verschiebungen im Bestande können sich bei der Kürze der Zeit, in welche solche Untersuchungen gebannt sind, nur zu einem Kreislauf gruppiren, während die von der Geologie erschlossene Perspective in die Vorzeit sie als letzte Aeusserungen divergirender Bewegungen auffassen lehrt, welche von den ältesten Zeiten her die Organismenwelt beherrscht haben und, solange Organismen leben, nicht in Stillstand gerathen werden.

Es kann nicht von der Palaeontologie verlangt werden, dass sie den Entwickelungsgang der Thiere und Pflanzen lückenlos aufdecke, oder dass sie den Anfangspunkt zeige, von dem die Divergenz der Eigenschaften ausgegangen ist. Es genügt, wenn in dieser oder jener Abtheilung der Organismen Stücke der Ahnenreihen bekannt werden, welche aus älteren Schichten in höhere reichen. Was einmal und in einer einzelnen Gruppe Gesetz gewesen ist, muss für alle Zeiten und für alle Organismen gültig sein. Niemand kann aber heutzutage noch behaupten, dass der Palaeontologie dieser Nachweis misslungen sei. Mächtige Schichtenfolgen sind systematisch durchsucht, und man fand, dass kleine Abänderungen einzelner Arten, die zu Anfang kaum in Worte zu fassen sind, allmählich deutlicher hervortreten, aus je höherem Niveau man die Versteinerung entnimmt, bis man schliesslich nicht mehr in Zweifel sein kann, dass in den höchsten Schichten eine neue Art sich herausgebildet hat. Diese der Weiterentwickelung fähigen Umänderungen, welche im Lauf der Zeit zu neuen Arten hinführen, bezeichnete Waagen als Mutationen, um sie von den Varietäten zu unterscheiden, welche durch locale oder geographische Bedingungen hervorgerufen werden und gleichzeitig mit der Stammform lebten, also in geologisch gleichen Schichten gefunden werden. Häufig sind es nur Oscillationen der Art, welche nicht weiter ausgebildet werden, häufig setzt aber auch besonders an geographischen Varietäten eine Mutationsreihe ein, welche in jüngere Schichten hineinreicht. Seitdem man dem Studium der Mutationen und Varietäten grössere Aufmerksamkeit zugewendet hat, als früher, wo man diese Uebergänge, welche die Abgrenzung der „Leitfossilien“ erschwerten, nur als „lästig“ empfand, ist ein ganz gewaltiges Material zusammengebracht und es handelt sich gar nicht mehr um den Nachweis der Uebergangsformen, sondern um die Frage, wie diese kleinen Abänderungen und ihre Beziehung zur Stammform in der hergebrachten Nomenclatur Linné's zum Ausdruck gebracht werden können.

Wo ein häufiger Wechsel zwischen Festland und untermeerischem Gebiet stattfand oder wo die Tiefe der Meerestheile grösseren Schwankungen ausgesetzt war, wird man in den abgelagerten Sedimenten eine sprungweise Folge der Arten, oder ein Kommen und Gehen ganzer Faunen finden, die sich nicht genetisch mit einander verknüpfen lassen. Das Aufsteigen eines Festlandes treibt das Meer mit seinen Bewohnern in entfernte Gegenden und wenn nach geologisch langem Zeitraum der Ocean sein altes Gebiet wieder erobert, sind es andere Gestalten, die mit ihm einziehen. Die Umänderung der Arten fällt in die Zwischenzeit und in Gegenden, die wir häufig nicht nachweisen können, weil die Sedimente uns unzugänglich sind. So wanderten am Schlusse der Jurazeit, als in Deutschland und den benachbarten Ländern eine Trockenlegung weiter Strecken eintrat, die Ammoniten und Belemniten mit dem Meere nach Süden. In den von grossen Flüssen ausgesüssten Aestuarien dieser Zeit starben auch die weniger beweglichen Zweischaler und Schnecken allmählich aus, Pflanzendickichte bedeckten die Niederungen, und Land- und Wasserreptilien entfalteten eine Fülle der Formen, die nur von den Säugethieren der Tertiärzeit wieder erreicht ist. Langsam drang das Meer wieder von Süden und zugleich vom Nordosten heran; seine Brandungswelle schliff die Hügelformen des Festlandes ab und überwältigte auch die Räume, wo sich inzwischen in Seen und Flussgebieten die Ablagerung des Wälderthons vollzogen hatte. Wiederum erschienen in Nord-Deutschland dieselben Familien der Ammoniten und Belemniten, aber keine Art lässt sich durch Uebergänge an solche des Jurameeres anknüpfen. Die Lücke oder Discordanz in der Aufeinanderfolge der marinen Gesteine verräth den Grund dieses Sprunges. In der Umgegend von Moskau findet sich in weiter Ausdehnung ein marines Gebilde, welches die obersten Stufen des Jura und die untere Kreide umfasst, die sog. Wolgastufe; diese Gegenden wurden von der grossen Verschiebung zwischen Land und Wasser, welche Nord-Deutschland, Belgien und England trocken legte, nicht betroffen. Hier erfolgte eine continuirliche Umänderung der Arten zu echt cretaceischen Typen, hier liegt ein Speicher, von dem aus die südwestlichen Gegenden mit neuen Arten versorgt wurden. Eine ähnliche Rolle spielen die tithonischen Gesteine, welche den Alpen- und Mittelmeerländern angehören, für die Nachbargebiete; auch sie bedeuten Stellen, wo Jura- und Kreidezeit weder durch eine Lücke der marinen Ablagerung noch durch einen faunistischen Sprung getrennt werden.

Der annähernd gleiche Habitus der Gesteinsmassen zeigt schon an, wo die Ruhe des Meeres auch nicht durch beträchtliche Tiefenschwankungen

gestört wurde. Diese wirken fast ebenso revolutionär auf das Thierleben, wie eine Verlegung der Küstenlinien, denn die Arten sind ziemlich streng an bestimmte bathymetrische Zonen gebunden; eine geringe Senkung des Meeresgrundes kann genügen, das Leben der Riffkorallen zu vernichten, wenn sie so rasch geschieht, dass die Thiere nicht im Stande sind, ihr durch Erhöhung der Riffe zu begegnen. Sie sind an eine enge Zone gebunden, die von ca. 15 cm über dem Ebbestande bis höchstens 40 m in die Tiefe reicht. Schwankungen der Meerestiefen characterisiren die Grenze zwischen Cambrium und Silur; Schiefer, Sand oder glauconitische Kalke führen uns in ihren Versteinerungen bald aus dieser, bald aus jener bathymetrischen Zone Thierreste vor. Trotz einiger weniger Uebergangsformen bleiben die grossen Faunen des Cambriums und Silurs im Allgemeinen incommensurabel, denn die Vorfahren der silurischen Thiere lebten nicht in jenen cambrischen Küstenmeeren sondern in der hohen See, deren cambrische Sedimente vielleicht nur an einigen Stellen Nordamerikas uns überliefert sind.

Die silurischen Kalke jenseits und diesseits des atlantischen Oceans bieten wiederum ein Beispiel ruhiger Fortentwickelung; Schicht für Schicht kann man in Ehstland absammeln und vom untersten bis zum Ober-Silur werden Arten aller Gruppen durch allmähliche Uebergänge zusammengehalten. Unter den Trilobiten, den Gastropoden und den Brachiopoden sind so vollständige Formenreihen bekannt, wie sie selten wieder zusammengestellt werden konnten. Nur ein Gebiet kann hier rivalisiren, obwohl seine Gesteine wahrscheinlich nur eine Spanne Zeit bedeuten gegenüber den langen Zeiträumen, in denen die Bildung der silurischen Ablagerungen sich vollzog. Im Salzkammergut ist ein grosser Theil der Trias durch eine mächtige Gesteinsmasse vertreten, die als Hallstätter Marmor wohl bekannt ist. Ueberall tritt uns der gleiche Fels entgegen, aber die Untersuchungen von Hauer's, v. Mojsisovics u. a. zeigten, dass die Versteinerungen der untersten Niveaus sehr verschieden sind von denen, die hoch oben entnommen sind, und dass in den dazwischen liegenden Horizonten eine Fülle von Uebergangsformen enthalten sind, welche in den wichtigen Arbeiten der genannten Forscher nach ihren Eigenschaften und ihrer stratigraphischen Lage fixirt sind.

Der Anfang des Lebens auf der Erde wird, abgesehen von anderen Gründen, auch deswegen durch die palaeontologische Methode nicht ermittelt, weil sie erst in der cambrischen Aera unserer geologischen Zählung einsetzt, wo das Leben sich schon als breiter Strom ergiesst. Wir kennen Urkunden einer noch älteren Zeit vor dem Erwachen des Lebens. Das Wesen des Lebens, wie man auch immer darüber denken mag, wird von protoplas-

matischen Substanzen getragen und ist wie sie von physikalischen Bedingungen abhängig; es entflieht, wenn diese Stoffe zerstört werden. Die Existenz von Organismen zu einer Zeit, wo die Erde ein Gluthball, sei es von Gasen, sei es von feuerflüssigen Metallmischungen war, ist unmöglich. Die Bildung der Erstarrungskruste, eine Abnahme der Oberflächentemperatur auf mindestens 70° C. sind erforderlich, damit die thierische oder pflanzliche Zelle oder ein ungeformter Protoplasmaklumpen sich erhalten können. Ihre Entstehung ist auf die Erde zu verlegen, denn für die Uebertragung organischen Lebens von anderen Sternen des Weltenraumes, die möglicher Weise länger bewohnt wären, fehlen die Träger. Den Meteoriten kann man diese Rolle nicht zuschreiben. Solange sie sich im kosmischen Raume bewegen, sind sie von einer Kälte durchdrungen, die jedem Organismus tödtlich wird, während der Eintritt in die dichte irdische Atmosphäre eine Reibungswärme erzeugt, welche kleine Meteoriten verzehrt, an grösseren die Oberfläche zum Schmelzen bringt. Ein bei Quenggouk (Pegu, Hinterindien) gefallener Stein war trotzdem im Inneren noch so kalt, dass die Berührung nicht zu ertragen war. Kein organischer Keim würde die vernichtende Wechselwirkung dieser Extreme überstanden haben, und wenn auch die geschäftige Phantasie die Möglichkeit, dass ein Planet wie der Mars bewohnt sei, zur Thatsache stempelt, so sind doch die Nachbarerden vollständig gegen einander verschanzt. Die Kälte des Weltraums ist keine leere Fiction, wie die berührte Hypothese sie gern darstellen möchte, sondern ergiebt sich als Consequenz unserer Kosmogonie und wird bestätigt durch die Beobachtung an Meteoriten.

Durch geologische, entwickelungsgeschichtliche und naturphilosophische Betrachtungen werden wir in gleicher Weise dazu gedrängt, ein autochthones Erwachen des Lebens auf der Erde anzunehmen, und wenn man nicht der nacktesten Zufallslehre huldigt, muss man auch weiter schliessen, dass die Möglichkeit zur Entstehung von protoplasmatischem Stoffe und Urorganismen nicht auf eine Stelle localisirt, sondern eine allgemeinere war, und dass wohl gleichzeitig an mehreren Stellen die Möglichkeit zur That wurde. Sehr frühe mag sich schon in der niedrigsten Phase organischen Lebens die Scheidung der grossen Typen des Thierreichs vorbereitet haben, sodass die Schwierigkeit, sie auseinander abzuleiten, vielleicht darin begründet liegt, dass wenigstens einige von ihnen sich gleichzeitig aussonderten. Aber auch unter dieser Annahme stehen wir in untercambrischer Zeit schon weit vom Anfange des Lebens.

Die Reste aus den mehrfach genannten untercambrischen Sandsteinen

von Lugnås beanspruchen als die ältesten eine besondere Erwähnung. Aber es sind meist nur schattenhafte Andeutungen, Spuren, welche das Dasein von Thieren, vielleicht von Gliederwürmern und Crustaceen wahrscheinlich machen, ohne unserer Phantasie, die nach einem Bilde dieser Organismen strebt, zu Hülfe zu kommen. Alle die angeblichen Pflanzen, Bilobites, Cruziana, Eophyton und wie man sie sonst genannt hat, welche man sogar in bestimmte Abtheilungen des Pflanzenreichs einreihen zu dürfen glaubte, bald unter die Meerestange, bald unter landbewohnende höhere Gewächse, wie die Coniferen — sie alle sind nur Ausfüllungen von Spuren, welche unbekannte Thiere in dem sandigen Meeresufer zogen, zum Theil wohl auch ganz zufällige Eindrücke, wie die vom Wasser hin und her bewegten Gegenstände, besonders die harten Fucus-Büschel hervorzurufen pflegen. Die scharfsinnigen Untersuchungen des schwedischen Forschers Nathorst haben wenigstens den Vorgang ihrer Entstehung klargestellt. Becken, deren Boden ein feiner Thon oder Sand bedeckte, wurden nur soweit mit Wasser gefüllt, dass allerlei Thiere schon beim Schwimmen mit den Beinen oder sonstigen Anhängen des Körpers den Grund streifen mussten. Auch liess er Thiere unmittelbar auf dem feuchten Sandboden umherkriechen. Von dem mit vertieften Spuren bedeckten Erdreich wurde dann ein Gypsabguss genommen, welcher ihre Ausfüllungen in Halbrelief zeigte; man sah nun ganz ähnliche Gebilde, wie sie auf der Unterseite der Sandsteinplatten von Lugnås und ebenfalls stets in Halbrelief sich finden. Gerade dieser Umstand, dass die vermeintlichen Pflanzen niemals auf der Oberfläche der Platten liegen, spricht ausschlaggebend für die Deutung. Wir sehen uns an den uralten Strand versetzt, wo die von der Ebbe zurückgelassenen Thiere das heimische Element wieder zu erreichen streben, in ängstlichen und heftigen Bewegungen den Sand durchwühlen, der unter dem Einfluss der „ziehenden" Ebbe mit einer Schicht feiner, thoniger Theilchen bedeckt ist. Wenn die Fluth naht, findet sie eine mannichfaltige Menge von Formen, die sie mit dem Sande füllt, den ihre kräftigen Wogen gegen den Küstensaum spülen. Aus dem weichen Formsande werden später die lockeren Zwischenlagen der Sandsteine, die sammt den Negativen der Spuren leicht zerfallen, während die derberen Sandsteine die Ausfüllungen treu der jetzigen Zeit überliefert haben, räthselhafte, verwirrende Gebilde, weil nur wenige eine Anschauung haben, wie ausgefüllte Thierspuren aussehen.

Für die theoretische Ableitung, dass zur untercambrischen Zeit schon ein reiches Thierleben vorausgesetzt werden muss, sind diese schemenhaften Fährten von Wichtigkeit, wenn sie auch näheren Deutungsversuchen nicht

Stand halten. Einen Schritt weiter führt uns der ebenfalls Nathorst zu verdankende Nachweis, dass echte Medusen in Schaaren die cambrische Küste umschwärmten. Selbst an der Ostsee hat man öfters Gelegenheit, besonders wenn starker Seewind geherrscht hat, die weichen Körper der Scheibenquallen, meist der Aurelia aurita, zu Hunderten gestrandet zu sehen. Die gallertartige Masse wird bald vom Sande aufgesogen, aber zuweilen ist Schlamm und Sand in die weite Magenhöhle gedrungen, welche die Medusen wie alle Coelenteraten auszeichnet, und dann bleibt ein eigenthümlicher Sandballen zurück, der nichts anderes, als der Ausguss des grossen Körper-Hohlraumes ist. So gestaltete Körper aus den Sandsteinen von Lugnås wurden früher auf Echiniden bezogen und Spatangopsis genannt. Es sind 5-, selten 4-seitige Pyramiden mit polsterförmiger Basis. Die Kanten der Pyramiden springen leistenförmig vor und die Scheiben sind am Grunde oft aufgeschwollen.

Ein gleicher Zusammenhang wie zwischen Spatangopsis und Aurelia aurita herrscht zwischen Linnarsson's Agelacrinus und der lebenden Cyanea, so dass auf diese Weise sowohl craspedote wie acraspedote Medusen, ihre beiden grossen Abtheilungen, im ältesten Cambrium nachgewiesen sind. Freilich sind die fossilen Körper meist 5-strahlig, während die Medusen 4-strahlig gebaut sind. Wie aber bei letzteren 5-strahlige Formen nicht selten vorkommen, so fanden sich auch 4-strahlige „Agelacrinen", sodass es sich nur um eine Verschiebung in Bezug auf den herrschenden Typus handelt. Auch aus den jüngeren Olenellusschichten Nordamerikas sind unter dem Namen Dactylodites Medusenabdrücke beschrieben.

Die Fauna von Lugnås ist hiermit so ziemlich erschöpft, dagegen fügte die Untersuchung der gleichalten Schichten Esthlands einige wichtige Arten hinzu. Während in Lugnås der Sandstein unmittelbar dem Urgebirge aufliegt, ist er in Esthland nur ein untergeordnetes Glied des „blauen Thones"; wo diese Sandsteine auftreten, wie am Strietberg bei Reval, führen sie ebenfalls die Ausgüsse von Medusen und Pseudo-Pflanzen, sodass man beide Gebilde direct vergleichen kann. Dazu kommt ein Brachiopode, zuerst bei Lugnås gefunden und Obolus monilifer genannt, der in Esthland häufiger und besser erhalten vorkommt und sich als Vertreter einer von Obolus abweichenden Gattung Mickwitzia erwies. Etwas höher im russischen Cambrium liegen die flachen Schalen der Obolen zu Milliarden, sodass man die ganze Schichtenfolge als Obolensand bezeichnet hat. Es sind Verwandte der noch heute lebenden Gattung Lingula, die selbst schon im tiefen Cambrium erscheint, z. B. in England, und den ältesten, zähelebigsten Thiertypus darstellt, den wir kennen (mit Ausnahme der Protozoen). Diese Armfüsser, den aus

Jura und Kreide allbekannten Terebratulen verwandt, zeichnen sich dadurch aus, dass die beiden Klappen der Schale nicht mit einander gelenken, sondern nur durch die Muskeln des Thieres zusammengehalten werden. Nach dem Tode des Thieres fallen sie daher meist rasch auseinander, während die Schalen der Terebratulen etc. durch ihr Schloss im Gegentheil so fest zusammengehalten werden, dass man nur selten die Klappen einzeln findet.

Das Fortleben der Lingula und ähnlicher Brachiopoden durch eine grosse Reihe, ja durch sämmtliche geologische Perioden ist das auffallendste Beispiel persistenter Typen, das wir kennen, und sicherlich nur schwer zu erklären. Wir besitzen noch kein Mass für absolute Zeitwerthe in der Geologie, aber schon die Erwägung, dass die seit dem Cambrium abgelagerten Schichten in etwa sechzig Stufen getheilt werden, deren jede dem ganzen Zeitraum des Quartärs und der Gegenwart, also dem Alter des Menschengeschlechts, mindestens gleichkommt, meist noch weit überlegen ist, erregt ein Gefühl in uns, das dem des Schwindels über tiefen Abgründen gleichkommt. Wie war es möglich, dass ein unscheinbares, durch nichts besonders hervorragendes Geschöpf alle Wandelungen der Erde überlebte, die doch ganze Thierschöpfungen gehen und kommen liessen? Ist es der Indifferentismus des Körperbaues, der, wie er keine Anpassungen an vorübergehende Lebensbedingungen zu Stande kommen liess, so auch nach eingetretenem Umschwunge der Verhältnisse keinen Angriffspunkt bot, oder begegnete der Körper allen Veränderungen, indem er stets wieder, sobald es möglich, die alte Gleichgewichtslage annahm? Wir müssen später, wenn wir noch andere Thiere der Vorwelt kennen gelernt haben, auf diese Frage zurückkommen.

Einen scharfen Contrast gegen die sich träge wandelnden, langlebigen Obolen und Linguliden bietet eine Thiergruppe, zu welcher der merkwürdige Olenellus gehört, der sich in Esthland ebenfalls in Sandsteineinlagerungen des blauen Thones findet, in einer etwas höheren Zone aber auch in Scandinavien, England und Nordamerika verbreitet ist. Hier haben wir hochentwickelte Krustenthiere, denen unter jetzt lebenden Thieren nur die Limuliden oder Molukkenkrebse annähernd zu vergleichen sind; sie führen uns eindringlich vor die Augen, welche Zeiträume auch vor der Ablagerung des Cambriums einzusetzen sind, welche einschneidende Bedeutung das „lost interval" für unsere genetische Betrachtungsweise hat. Olenellus gehört zu der noch im palaeozoischen Alter erlöschenden Classe der Trilobiten, die sich durch eine zweifache Dreitheilung ihres Panzers auszeichnet, nämlich einmal der Quere nach, in Kopf-, Rumpf- und Schwanztheil, und einmal der Länge nach in eine erhabene Axen- und zwei flachere Seitenregionen. Die sehr

häufig einzeln gefundenen Kopf- und Schwanzschilder hielt man im vorigen Jahrhundert für Muschelschalen und nannte sie concha triloba; aus dieser Bezeichnung entwickelte sich der Classenname.

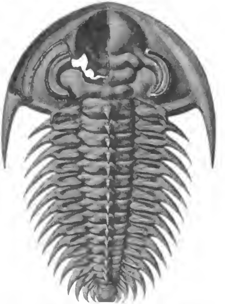


Fig. 1. Olenellus Kjerulfi Linnarss. (nach Holm).
Von oben gesehen. Ein Theil des Kopfschildes ist entfernt, um den umgeschlagenen Rand und das Hypostoma (Oberlippe) der Unterseite zu zeigen. Nach hinten verläuft der Randwulst jederseits in einen hohlen Stachel. Die Augen auf schmal halbmondförmigen Wülsten. Der gewölbte mittlere Theil des Kopfschildes (Glabella) mit Querfurchen.

Die Mannichfaltigkeit, die Veränderlichkeit der Gestalt, die zwischen so einfachen Formen, wie Agnostus, und so complicirten, wie Olenellus, so bizarren wie Deiphon hin und her schwankt, erinnert an den Formenreichthum der Insecten, und könnte in diesem Werke auch nicht annähernd zur Darstellung gebracht werden. Begnügen wir uns damit, einige hervorstechende Characterzüge der Gestalt hervorzuheben.

Der Panzer bedeckte den ganzen Rücken und die Ränder der Bauchseite des Thieres. Der Schwanz wurde von dem immer einheitlich verwachsenen Pygidium oder Schwanzschild, die Kopfregion ebenfalls von einem einheitlichen Stücke, dem Kopfschilde bedeckt, dessen seitliche Theile (Wangen) allerdings meist durch eine Naht beweglich abgegliedert sind. Dagegen schieben sich zwischen Schwanz und Kopf eine sehr variable Anzahl Rumpf-

segmente ein, die mit Gleitflächen an einander gelenken, häufig so, dass eine Einrollung des Thieres ermöglicht wurde. Auf der Unterseite des ganzen

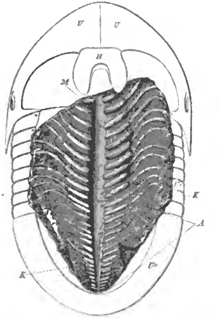


Fig. 2. Unterseite von Asaphus megistos Hall aus dem untersilurischen Kalk von Ohio. Die Umrisse sind ergänzt.

U Umschlag des Kopfschildes, *U'* Umschlag der Thorax-Segmente, *U''* des Pygidiums, *H* Hypostoma, *M* Rest eines Kieferfusses, *K* Reste der Kiemen, *A* Abdominalfüsse.

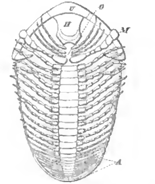


Fig. 3. Unterseite von Calymene senaria Conrad. (Schem. ergänzt.) *O* Mund.

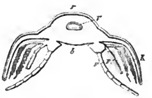


Fig. 4. Querschnitt durch einen Trilobiten.

r Rücken-, *b* Bauch-Seite, *V* Verdauungskanal, *K* Spiralkiemen, *F* innerer, F_1 äusserer Theil eines Fusses.

(Alle Figuren nach Walcott.)

Rumpfes, z. Th. auch am Schwanzschilde stehen zahlreiche Füsse; einige kurze unter dem Kopfschilde dienten vielleicht zum Kauen der Nahrung. Fühler, wie sie die lebenden Krebse besitzen, fehlten. Die Augen der Thiere sind sehr verschiedenartig ausgebildet, fehlen aber doch nur relativ selten. Sie sind wie die Insectenaugen aus einzelnen Facetten (Linsen) zusammengesetzt, deren Anzahl von 14 auf 15000 steigen kann.

Die dünnen, mehrgliedrigen und bekrallten Beine unter dem Rumpfe und Schwanze sind es besonders, welche gegen eine engere Vereinigung der Trilobiten mit den limulusartigen Krebsen, den Merostomen, sprechen, während im Uebrigen die Beziehungen besonders der Jugendstadien nicht zu übersehen sind.

Hervorzuheben ist das starke Einrollungsvermögen vieler dieser Thiere, welches überall, wo es uns in der Natur entgegentritt, zum Schutze des Körpers gegen äussere Feinde benutzt wird. Es weist darauf hin, dass räuberische, kräftige Thiere (etwa Cephalopoden) in grösserer Fülle schon in den höheren Schichten des Cambriums vorhanden waren, als die Funde an versteinerten Resten lehren.

Die Entwickelungsgeschichte der Trilobiten, die man bei mehreren Arten vom Ei an studirt hat, durchläuft eine Reihe von Stadien, bis die Schale ihre endgültige Form bekommen hat. Bei den einen besteht die erste Jugendform fast nur aus einem unvollständig ausgebildeten Kopfschilde, an dessen Hinterseite ganz schwach ein Thorax angedeutet ist, bei anderen sind schon in frühester Jugend Kopf- und Schwanzschild angelegt, während der Rumpf fehlt, und bei einer dritten Gruppe ist das Kopfschild vollständig ausgebildet, während Thorax und Pygidium angedeutet, aber noch nicht definitiv ausgebildet sind. Die Weiterentwickelung des Rumpfes vollzieht sich immer in der Weise, dass vom Vorderrande des Schwanzschildes neue Rumpfsegmente sich ablösen. Vermuthlich entsprechen die Hauptveränderungen wiederholten Häutungen. Die zerfallenen Theile der Panzer treten zuweilen fast gesteinsbildend auf.

Man kann diesen Entwickelungsgang mit Recht als einen progressiven bezeichnen und aus ihm auch Rückschlüsse auf die Urformen der Trilobiten machen, welche demnach durch geringe Anzahl der Rumpfsegmente bei starker Ausbildung des Kopfschildes ausgezeichnet und vielleicht weniger befähigt zum Kriechen und zum Wühlen waren, als die reicher segmentirten Nachkommen. Da die Segmente aus dem Bestande des Schwanzschildes gebildet werden, so wäre es nicht richtig, dieses aus der Verschmelzung ursprünglich isolirter Segmente abzuleiten, wenn auch die angedeutete Gliederung diese Ansicht nahe legt. Je mehr Segmente gebildet werden, desto kleiner tritt das Schwanzschild auf. Ungemein gross und ohne Andeutung einer Quergliederung ist es bei Agnostus, wo im ganzen Leben nur 1—2 Rumpfsegmente gebildet werden.

Es ist nicht ausser Acht zu lassen, dass bei bestimmten Gattungen, wie z. B. Trinucleus, durch den Verlust der ursprünglich angelegten Augen ein regressives Merkmal, ein Merkmal entschiedener Rückbildung eingeführt wird. Manche Gattungen sind schon in den Jugendstadien blind, aber nicht die geologisch ältesten.

Die Olenellus, welche an der Basis des Cambriums erscheinen, alle mittelcambrischen Paradoxiden und ihre meisten Begleiter, mit Ausnahme von

Agnostus und einiger Conocoryphe oder Conocephalusarten, haben wohlausgebildete Augenhöcker. Es liegt wohl überall, wo wir augenlosen Trilobiten begegnen, eine Rückbildung vor. Ob dieselbe als Folge des Lebens in abyssalen Tiefen aufzufassen ist, wie angenommen wird, oder einer grabenden, im Schlamme wühlenden Lebensweise zuzuschreiben ist, mag dahingestellt bleiben. Ich vermag in den cambrischen Alaunschiefern Schwedens keine Tiefseebildungen zu erblicken und das massenhafte Vorkommen des Olenellus in echten Strandbildungen, wie wir sie oben geschildert haben, stellt das abyssale Leben der ganzen Gruppe sehr in Frage.

Die kosmopolitische Verbreitung mancher Gattungen, das Auftreten identischer Arten in Europa und Nordost-Amerika, die plötzliche Invasion in bestimmte Meeresprovinzen lassen auf eine grosse Beweglichkeit schliessen, die mit dem Leben im Schlamme sich schlecht vereinigt. Vielleicht waren es aber besonders die Larven oder Jugendstadien, welche von den grossen Meeresströmungen erfasst, in Schwärmen über weite Gegenden getrieben wurden — mehr passive als willkürliche Wanderer.

Das eben aufgeführte Beispiel, dass zwei entfernte Regionen gemeinsame Arten besitzen, gehört indessen zu den Seltenheiten. Die Trilobiten besassen, und das ist ein Hauptcontrast gegen die Brachiopoden, besonders die Linguliden und Oboliden, eine grosse morphologische Plasticität. Meist ändert sich mit räumlicher Entfernung auch die Art. Auch die zeitliche Gleichgewichtslage einer Art ist kurz bemessen und schon bei geringen Differenzen im geologischen Niveau stellen sich Abänderungen der Form ein. Deswegen sind die Trilobiten dem Geologen ein wichtiges Hülfsmittel, entfernte Schichtengruppen zu vergleichen und locale zu zerlegen, gleich geeignet, die Analogien wie die Abweichungen räumlich getreunter Faunen hervortreten zu lassen. Die stratigraphische Beurtheilung der cambrischen und silurischen Sedimente beruht häufig allein auf dem Vorhandensein oder Fehlen bestimmter Trilobiten-Arten oder -Gattungen.

Das Schlämmen des blauen Thones oder eine sorgfältige Durchmusterung der am Strande angehäuften Rückstände, welche die See ausgewaschen hat, bringt noch einige Ergänzungen. Winzige kegelförmige Körperchen, durch uhrglasartige Wände in Kammern getheilt, die ein enges Verbindungsrohr durchzieht, sind die ersten Andeutungen von Cephalopoden aus der Gruppe der Orthoceren, die im Silur eine so gewaltige Entwickelung durchmachen. Seltener als diese Volborthella benannten Versteinerungen sind die Platysoleniten, cylindrische Körper von elliptischem Durchschnitt, die offenbar Crinoidenreste und höchstwahrscheinlich Armglieder der Cystideen sind, einer

ausgestorbenen Abtheilung der Seelilien, der wir im Silur reichlicher begegnen werden. Und schliesslich, wenn wir aufmerksam den blauen Thon nach seinen Zerklüftungsflächen zertheilen, entdecken wir noch napfförmige, an die lebende Patella erinnernde Gastropoden von höchst zierlicher Sculptur, Scenella, die aber so zart sind, dass sie bei der Berührung fast zerbrechen. Damit sind aber auch alle Reste, die wir in diesen Schichten finden können, aufgezählt. Aus dem entsprechenden, ältesten Cambrium Amerikas werden ausser analogen Resten (vermeintlichen Algen und Wurmspuren, Obolus, Lingulella, Volborthella, Platysolenites) noch Leperditia genannt, wodurch also das Vorhandensein dieser kleinen, primitiv organisirten Krustenthiere, die wie eine Muschel zwischen zwei Schalenhälften hausen, erwiesen wird. Reicher noch ist die Fauna der etwas höher liegenden Georgia-Schichten, die den schwedischen Olenellus-Schichten entsprechen.

Eine kurze Zusammenfassung führt zu dem Resultate, dass Coelenteraten, Brachiopoden, Mollusken, Echinodermen, Krustenthiere sicher, Anneliden und andere Würmer höchst wahrscheinlich schon damals scharf geschieden existirten, ja dass sogar unter diesen grossen Gruppen viele der uns bekannten Abtheilungen niederen Ranges sich herausgebildet hatten, so unter den Coelenteraten die craspedoten und acraspedoten Medusen, unter den Mollusken die Cephalopoden, Pteropoden, Bivalven und die Gastropoden, unter den Crustaceen die erloschenen, aber hoch differenzirten Trilobiten und die primitiveren Ostracoden oder Schalkrebse. Gewiss gehören Formen wie Scenella unter den Gastropoden, Obolus und Lingulella unter den Brachiopoden und die Cystideen unter den Echinodermen zu den tiefsten, wenig verarbeiteten Formen ihrer Classen, aber vom Anfang des Thierlebens sind wir doch schon unendlich weit entfernt! Wenn wir uns auf den Boden der Entwickelungslehre stellen und, ganz abgesehen von der Frage nach der Entstehung des ersten Lebens, verlangen, dass es eine Zeit gegeben habe, in welcher nur Protozoen die Bevölkerung der Meere bildeten, so können wir diese ruhig ebensoweit vor den Beginn der cambrischen Aera setzen, wie die gesammte nachcambrische Zeitrechnung beträgt. Wir haben nicht einmal das Recht, das negative Merkmal der cambrischen Aera, das Fehlen der Wirbelthiere, als begründet hinzustellen. Die lebenden niedrigsten Vertreter der Wirbelthiere sind nackt, haben weder ein Haut- noch ein so verfestigtes Innenskelett, dass es sich fossil erhalten konnte, und angesichts der neuerdings bekannt gewordenen Thatsache, dass schon im Untersilur von Petersburg Fischreste vorkommen, können wir den Satz aussprechen: Schon in den ältesten Zeiten, aus denen wir Urkunden in

Gestalt von Fossilien besitzen, waren sämmtliche grosse Kreise der Thierwelt vertreten und zum Theil in mehrere Gruppen gespalten.

Vor einem Fehler mag hier gewarnt werden, der sich bei Rückschlüssen auf die ältesten Formen häufig einschleicht. Wir sind nur zu sehr geneigt, die Diagnosen der Ordnungen und Classen mit Fleisch und Blut zu füllen, anzunehmen, dass vor den Arten, Gattungen und Familien, die wir jetzt kennen, solche existirten und zum Ausgangspunkte dieser wurden, welche die Charactere der Ordnungen oder der Classen trugen, ja wir finden es nicht selten als Forderung hingestellt, dass die Urformen „generalisirte" Typen seien, an denen eben nichts weiter zu bemerken ist, als die Merkmale der Classe.

Deren sind aber in Folge des wiederholten Abstractionsprocesses, den diese Schemata bei der logischen Bildung durchgemacht haben, nur wenige und auch diese sind oft wenig scharf definirbar. Jedes Individuum hat aber unendlich viele Eigenschaften und ist mit der ganzen Summe derselben von der Umgebung abhängig. Es giebt einige indifferente Typen, die nur gering auf die Wandlungen um sie her reagiren, und bei denen diese ausbalancirte Beschaffenheit sich durch enorme Zeiten vererbt, aber es giebt keine generalisirte Typen. Stets geht die Entwickelung im Wechsel zwischen Hypertrophie und Verkümmerung der Eigenschaften, und ihr Weg ist besäet mit unbrauchbar gewordenen Organen. Aber stets sind auch die specialisirten Formen die Träger der Entwickelung, wenn sie ihr auch zum Opfer fallen, während die indifferenten Formen unbeachtet bleiben. Der Gang der Entwickelung würde sich graphisch also nicht als ein Strahlenbündel, sondern als ein Bündel von Zickzacklinien darstellen.

Wenn wir in uralte Zeiten zurückschauen, so finden wir z. B. dort nicht einen allgemein gehaltenen Echinodermentypus, sondern wir finden die hoch specialisirten Cystideen, die trotzdem wahrscheinlich für andere Gruppen der Ausgangspunkt wurden. Nicht die Schemata unserer zoologischen Systeme bevölkerten die cambrischen und silurischen Meere, sondern reale Geschöpfe, die ihre Eigenheiten so gut hatten, wie die lebenden, und mit ihrer Zeit verwachsen waren.

Wie wenig wir berechtigt sind, aus den spärlichen Petrefactenfunden im Bereiche der untercambrischen, basalen Schichten auf die Armuth der damaligen Meeresfauna zu schliessen, ergiebt sich aus dem Vergleich mit den nächst höheren Schichten, welche ebenfalls noch älter sind als Barrande's Primordialstufe. In Russland schaltet sich, wie wir sahen, schon im „blauen

Thone" eine Sandsteinbank ein, welche mit zahlreichen Resten von Olenellus erfüllt ist; da diese Sandsteinschicht im Uebrigen ganz dem Sandstein von Lugnås gleicht, so tritt die Gattung Olenellus hier wahrscheinlich früher auf als in anderen bis jetzt auf diese Verhältnisse geprüften Gegenden.

In Skandinavien schied man seit langer Zeit eine besondere Zone an der Basis der mittelcambrischen Schichten unter dem Namen „Zone des Olenellus Kjerulfi" aus. Sie wurde in Schonen und am Mjösen-See zuerst entdeckt und in Lappland wieder gefunden; ihre stratigraphische Bedeutung trat erst hervor, als man von dem Aequivalent derselben in anderen Gegenden erfuhr.

Im westlichen Theile von Nevada trafen die amerikanischen Geologen in der Nähe des Minendistricts Eureka, über den mächtigen versteinerungsleeren Quarzfelsen des Prospect Peak eine Schicht mit Olenellus, welche die Quarzite von den überlagernden Prospect Mountain-Kalk trennt. Im oberen Theile dieses Kalksteines erscheint die Fauna der Paradoxides-Schichten, hier nicht durch das genannte Trilobitengeschlecht, sondern durch Agnostus-Arten characterisirt, und setzt sich fort durch die Secret Canon-Schiefer und durch den Hamburg-Kalk, im Ganzen durch eine 6200 Fuss mächtiges Gesteinsfolge. Sie schliesst in ihrem oberen Theile auch die noch zu betrachtenden Olenus-Schichten Europas mit ein und bekommt allmählich, in den Pogonip-Schichten, den Character der Uebergangsschichten zum Silur, die in Schweden als Ceratopyge-Kalk schon lange bekannt sind.

Weil nun an der Ostküste der Vereinigten Staaten, von der Belle Isle-Strasse über New Foundland bis nach Rhode-Island echte Paradoxides-Schichten lagern, welche unmittelbar mit dem Ostufer des atlantischen Oceans correspondiren, auch weder Paradoxides noch Olenus jemals in den westlichen Staaten gefunden waren, hielten Walcott u. a., welche uns mit diesen Verhältnissen zuerst bekannt machten, die Olenellus-Zone des Eureka-Districts für eine höhere Abtheilung des Cambriums, die sie als Georgian bezeichneten, ein Irrthum, der unter anderen auch in Suess „Antlitz der Erde" übergegangen ist.

Die Schichten mit Olenellus sind nun aber nicht auf Nevada und Utah beschränkt, sondern weit verbreitet. Emmons und Billings kannten sie von Belle Isle Strait, wo sie durch Sandsteine unterlagert werden. Von hier ziehen sie weit in das nordwestliche Canada und sind in der Nähe der Canadian Pacific Bahn am Mt. Stephens entdeckt; ferner zeigen sie sich in einem schmalen Zuge westlich der echten Paradoxides-Schichten, von Belle Isle durch Vermont bis in die Umgebung von Troy, und greifen auch nördlich nach

Labrador hinüber. Sie umgürten also wahrscheinlich die alte canadische Gneissmasse. Auf New Foundland, bei Manuel's Brook, ist denn auch schliesslich die directe Ueberlagerung der Olenellus-Zone durch die Paradoxides-Schichten nachgewiesen und damit auch die Gleichstellung der letzteren mit dem Agnostus führenden Prospect Mountain Limestone des Eureka-Districtes. Brögger hatte, gestützt auf seine grosse Kenntniss der ältesten versteinerungsführenden Schichten, mehrfach ausgesprochen, dass dem so sein müsse, und die Beobachtungen haben diese theoretische Ableitung glänzend gerechtfertigt.

Wenn man bedenkt, dass in Amerika jetzt schon 57 Gattungen mit 134 Arten nnd 10 Varietäten aus den Olenellus-Schichten beschrieben sind, so bekommt man einen Massstab für die Erweiterung, die unsere Kenntniss des ältesten Thierlebens durch das Studium der Olenellus-Schichten gewonnen hat.

Statt der schattenhaften Spuren und Abdrücke, die wir in den basalen Sandsteinen mühsam entziffern, liegt hier nur wenig höher eine buntgemischte Fauna vor, welche neben den herrschenden Trilobiten auch reichlich Brachiopoden, Gastropoden, Pteropoden, Zweischaler, Anneliden, Echinodermen, Spongien und, wenn die Deutung der Gattung Archaeocyathus richtig ist, Korallen geliefert hat. Auch in England, in Shropshire, ist diese Etage nunmehr aufgefunden worden. Eine Besprechung der neu auftretenden Organismen wird im Zusammenhang mit dem Thierleben der Silurformation gegeben werden.

B. Die mittelcambrischen Schichten.

Die Thatsache, dass an vielen Stellen der Erde dem krystallinischen Grundgebirge nicht die bisher besprochenen untersten fossilführenden Schichten aufgelagert sind, sondern die höher folgenden Stufen der cambrischen Schichtenreihe, verräth, dass die Vertheilung von Wasser und Land sich auch während der cambrischen Zeit nicht unerheblich geändert hat. Die höchsten cambrischen Schichten haben allgemein eine weitere Verbreitung auf dem Festlande, aber auch die mittelcambrischen Gesteine liegen häufig auf Gebieten, die zur untercambrischen Zeit noch Festland waren. Das Meer drang während der cambrischen Zeit gegen die Festländer vor.

Es steht hiermit im engsten Zusammenhange, dass die in diesen Schichten eingeschlossenen Thierreste viel mannichfaltiger sind, als die jener Uferzone, in welcher die basalen Conglomerate und Sandsteine abgesetzt wurden. Sei es nun, dass die Küstengebiete der Continente sich senkten, sei es, dass

der Meeresspiegel sich hob, grössere Wassermassen in bestimmten Zonen der Erde sich anhäuften, eine augenblicklich mehr beliebte Ansicht, das Resultat ist dasselbe, dass die Schichten in tieferem Wasser abgesetzt wurden und daher auch die Thierreste anderer Meerestiefen uns vorführen. Die Beobachtung, dass die Fauna der mittelcambrischen Schichten so viel reicher ist, als die untercambrische, darf nicht zu dem Schlusse verwerthet werden, dass das gesammte Thierleben sich um eine Entwickelungsstufe gehoben habe, sondern findet ihre nächste Begründung darin, dass mit dem Steigen des Meeres, der Verschiebung der Strandlinie landeinwärts, auch eine Fauna einzieht, welche nur in grösseren Tiefen existiren kann und daher aus allen seichten Meeren verbannt war. Es ist bekannt, dass im Oceane vom Strande aus das Thierleben sich ganz gesetzmässig mit der zunehmenden Tiefe ändert.

Abgesehen von der eigentlichen Litoralzone, welche zwischen Ebbe und Fluth eingeschlossen ist und sich u. a. durch fest angesiedelte Gastropoden auszeichnet, die den Verschiebungen im Wasser eine bedeutende Kraft entgegenstellen können, unterscheiden wir bis zur Tiefe von 100 m zwei gut geschiedene Tiefenstufen, jene der Riementange und Riffkorallen bis zu 30 m, und die nächstfolgende der Kalkalgen (Corallineen und Lithothamnien). Im Bereiche der Laminarien oder Riementange halten sich auch die buntgefärbten Muscheln am liebsten auf und die Austern bilden oft weitausgedehnte Ansiedelungen oder Bänke. Korallenriffe umsäumen weithin die Ufer der tropischen Länder und wenn der Boden sich senkt, so dass sie in tieferes Wasser gerathen, bauen die Thiere ihre Riffe gleichmässig nach oben fort, während die tieferen Theile absterben; das Lichtbedürfniss rückt die Lebensgrenze nach oben.

Unter 100 m stellen die Einzelkorallen und die Brachiopoden sich ein, ausschliesslich der Lingula verwandten, welche das seichte Wasser bevorzugen. Kieselschwämme und Seelilien bedecken die Gründe, in denen ihre Reste mit denen der Muscheln vermischt oft bedeutende, conglomeratartige Ablagerungen bilden. Die eminente Wichtigkeit dieser Zone für den Schichtenaufbau haben besonders die Untersuchungen des submarinen Pourtalès-Plateaus an der Küste von Florida würdigen gelehrt; sie reicht bis zu 500 m Tiefe hinab, wo mit dem Eintritt völliger Lichtlosigkeit die abyssische oder eigentliche Tiefseeregion beginnt. Je tiefer wir dringen, desto mehr verarmt das Thierleben und desto einförmiger wird es, entsprechend den überaus monotonen Lebensbedingungen. Licht und Wellenschlag reichen nicht mehr in die Abgründe hinein, die Beziehung zum Meeresboden, die in der Uferzone so wichtig ist, fehlt, die Temperatur ist in tropischen und gemässigten Breiten zwischen

500 und 1500 m fast überall + 4° C., und der Druck der Wassersäule spielt für den Ausbau des Organismus eine grosse Rolle. In 500—2000 m hat man Zweischaler noch zahlreich, Gastropoden zwischen 3000 und 4000 m gefunden, während Anthozoen nur bis 3000 m Tiefe zu reichen scheinen. Unter 5000 m ist alles Leben erloschen und die aus den höheren Schichten herabrieselnden Kalkschalen der Foraminiferen werden unter dem hohen Druck vom Wasser, vielleicht unter Mitwirkung freier Kohlensäure, gelöst. Es ist indessen bekannt, dass auch Wasser unter hoher Spannung eine stark lösende Kraft besitzt.

Es ist besonders durch Neumayr und Suess die Ansicht aufgestellt, dass die mittelcambrischen Schichten, zu deren Besprechung wir uns wenden, eine Fauna einschliessen, die auf abyssale Tiefe des Oceanes deutet, und manche auffallende Erscheinung ist in geistreicher Weise zum Ausbau dieser Hypothese verwendet. Die grosse Aehnlichkeit in weit voneinander entfernten Gegenden, der Character als verarmte Fauna, der fast vollständige Mangel an kalkabsondernden Organismen, endlich das zahlreiche Vorkommen blinder Thiere sind die für Neumayr bestimmend gewordenen Argumente, die allerdings einer ernsten Erwägung bedürfen.

Es liegt schon in der Berufung auf das Vorkommen erblindeter Formen ein Hinweis, dass unter Tiefseefauna von Neumayr die wirklich abyssisch lebende verstanden ist, während von vielen Gelehrten schon als Tiefsee-Fauna aufgefasst wird, was wir in Uebereinstimmung mit Zoologen und Tiefseeforschern noch der continentalen Fauna, die in Abhängigkeit von ihrem Untergrunde steht, zurechnen. „In unseren jetzigen Meeren", schreibt Neumayr, „treten in Tiefen von mehr als 4000 m die kalkschaligen Formen ebenso stark zurück, wie wir es bei den cambrischen Ablagerungen gesehen haben, und auch zahlreiche erblindete Krebse wohnen in jenen Tiefen, in welche kein Sonnenlicht mehr hinabzudringen vermag."

Von vornherein spricht die geologische Wahrscheinlichkeit gegen eine derartig ungeheuere Vertiefung der cambrischen Oceane an den Rändern der Continente. In Schonen, wo in den Eophyton-Sandsteinen uns unverkennbare Seichtwasserabsätze entgegen treten, wie sie auf der Grenze zwischen Meer und Festland beim landein Wandern des Strandes sich zu bilden pflegen, mit Kriechspuren von Würmern und anderen Thieren, soll die unmittelbar anschliessende Schichtenfolge einem Tausende von Metern tiefen Becken entstammen; in Norwegen setzten sich während dieser Zeit noch litorale Sparagmite ab und in Esthland ist diese ganze Periode entweder durch Sandanhäufung, wie sie an Ufern stattfindet oder gar, nach der Auf-

fassung von F. Schmidt durch einen Hiatus in der Reihe der Sedimente, d. h. durch eine Trockenlegung des Landes characterisirt. Böhmen würde geradezu ein kesselförmiges Loch in Europa vorstellen, und da dieselben Schichten, welche die angebliche Tiefseefauna enthalten, auch an der amerikanischen Westküste, in Newfoundland und an anderen Orten auftreten, Aehnliches sich auch für den pacifischen Ocean ausführen lässt, so müssten wir eine allgemeine Vertiefung der Meeresbecken annehmen, die aber nur auf Kosten ihrer horizontalen Ausbreitung hätte stattfinden können, entgegengesetzt dem beobachteten Verhalten.

Selbst die petrographische Beschaffenheit der Schichten, welche im Allgemeinen als Stütze der Neumayr'schen Ansicht gilt, weil thonig-schiefrige Ausbildung und zugleich geringe Mächtigkeit als characteristisch für Tiefseebildung angeführt wird, ist unverlässlich. Wenn in Böhmen den dünnblättrigen Schiefern von Ginetz porphyrische Eruptivergüsse in Form von Decken zwischengelagert sind, so erinnert das sehr an die geologische Ausbildung gewisser devonischer Schichten im rheinischen Schiefergebirge, die wohl niemand als Tiefseegebilde auffassen wird.

Was nun den abyssischen Character der Fauna betrifft, so muss zunächst angeführt werden, dass durch Walcott's Untersuchung des Eureka-Districts auch in entsprechenden cambrischen Schichten Mollusken mit kalkiger Schale, deren Vorhandensein Barrande noch völlig in Abrede stellte, sowohl Gastropoden wie Bivalven, festgestellt sind, dass in Wales cambrische Seesterne vorkommen (drei Arten von Palaeaster, eine Art der Ophiuridengattung Protaster), dass echte Seelilien (Eucrinoidea) durch Stielglieder, Cystideen durch Kelchtheile vertreten sind. Andererseits ist von der Gattung Lingula, deren Schalen im ganzen Cambrium zu den häufigsten Erscheinungen gehören, noch niemals eine lebende Art bekannt geworden, welche sich weit von der Küste oder in grösseren Tiefen angesiedelt hätte. Der ganze Beweis dreht sich also um die ausgestorbenen Trilobiten, über deren Lebensweise wir nur durch Interpretation ihrer Hartgebilde Muthmassungen aufstellen können.

Ohne Zweifel ist es eine auffallende Thatsache, dass viele Arten der Trilobiten keine oder verkümmerte Augen besitzen, während die grosse Mehrzahl facettirte Insectenaugen trägt. Unter diesen kommen wiederum Arten mit sog. Cyclopenaugen vor (aber nur im Silur), bei denen die beiderseitigen Augen sich so vergrössern, dass sie in der Mittellinie zusammentreffen. Die Tiefseekrebse zeichnen sich vielfach in ähnlicher Weise durch verkümmerte oder abnorm vergrösserte Augen aus, je nachdem das Organ so kräftig war, dass es dem Verlust an Licht durch Schärfung des Sehvermögens oder der

Aufnahmefähigkeit auch für geringe Lichtquantitäten begegnete, oder aber erschlaffte und allmählich vom Körper abgestossen wurde. Indessen ist es stets misslich, Vergleiche auf physiologische Vorgänge anzustellen, wo die verglichenen Thiere nicht in näherer Verwandtschaft stehen und man andererseits erst aus diesem Vergleiche auf ähnliche Lebensbedingungen schliessen will. Wenn man bedenkt, welcher Wandelungen das Auge der landbewohnenden Arthropoden fähig ist, die doch alle gleiches Licht beziehen, so kann man jenen Analogien nicht die ihnen beigelegte Bedeutung zugestehen. Zudem kommen Trilobiten mit Cyclopenaugen erst in silurischen Ablagerungen vor, welche durch zahlreiche andere Thierformen deutlich als nicht abyssisch characterisirt sind, obwohl aus einigen Bemerkungen von Suess und Neumayr hervorgeht, dass sie gegentheiliger Ansicht sind. Einzig und allein die mittelcambrischen Schiefer können in Frage kommen und gerade hier überwiegt die Zahl der Trilobiten mit normalen Augen.

Einrollungsvermögen, welches vielen Trilobiten zukommt, ist nach Analogie der Beobachtungen an lebenden Thieren eine Schutzeinrichtung, mittelst derer der Trilobit die weicheren Stellen seines Körpers, die ganze Unterseite, den Angriffen entzog. Unter den cambrischen Trilobiten sind nur sehr wenige, die die Einrollung zeigen (obwohl die Organisation der Schale eine solche wohl gestattet hätte), während sie unter den silurischen und devonischen Trilobiten weit verbreitet ist. In Verbindung mit der örtlichen Anhäufung der Trilobitenreste in den cambrischen Schiefern und der Gesteinsbeschaffenheit legt dies die Annahme nah, dass die meisten Trilobiten der cambrischen Formation im Schlamm wühlende Thiere waren. Diese Lebensweise machte die Schutzwaffe der Einrollung überflüssig und wirkte andererseits hemmend auf die Ausbildung des Sehvermögens ein. Die Ablösung der Paradoxiden und Oleniden durch die Asaphiden der Silurzeit stellt sich als eine Phase neuer Einwanderung dar, welche den auf der Oberfläche des Bodens lebenden Trilobiten mit wohlentwickelten Augen und starkem Einrollungsvermögen die Ueberzahl verleiht. Im Allgemeinen ist dies zugleich eine Periode kalkiger Absätze; auch hierin liegt ein Hinweis, dass die Veränderung der Fauna nicht allein der Fortentwickelung zufällt, sondern wesentlich wiederum von der Veränderung der Meerestiefe abhing. Während der Primordialzeit setzten sich nur selten zusammenhängende Kalke ab, sondern diese liegen meist, in kleine Partien aufgelöst, in den thonigen Schiefern vertheilt, welche ausgesprochen klastischer Natur sind. Was nun schliesslich die Verarmung der cambrischen Fauna anbelangt, so ist es bekannt, dass eine solche ebensowohl vom Untergrunde, vom Salzgehalt, geringer Verbin-

dung mit anderen Meerestheilen u. a. Factoren abhängt, wie von der Tiefenstufe. Es liegt um so näher, in diesem Falle eine Beziehung zum Untergrunde anzunehmen, als Walcott's Untersuchungen im Eureka-Districte dargethan haben, dass gelegentlich eine viel mannichfaltigere Thierwelt auch in untercambrischen Schichten auftreten kann.

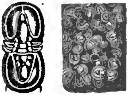
Den Sparagmiten Norwegens, den Basalconglomeraten Newfoundlands entsprechend lagern in den westlichen Districten der Vereinigten Staaten mächtige Folgen versteinerungsleerer Schichten. Die nächstfolgende Zone bringt die Olenellus-Fauna (Georgian Fauna), und erst viel höher, nachdem wiederum einige 1000 Fuss versteinerungsleere Gesteine sich eingeschaltet haben, stellen die bezeichnenden Agnostus-Arten der Paradoxides-Schichten sich ein. Nachdem die Auffindung zahlreicher Olenellus-Reste in Zwischenschichten des „blauen Thones" der Ostseeprovinzen die Existenz dieser hochstehenden Trilobitenformen schon zu altuntercambrischen Zeiten nachgewiesen hat, ist der Abstand von der Fauna der mittelcambrischen Schiefer wesentlich verringert und zugleich erwiesen, dass wir einen grossen Unterschied in der Entwickelungshöhe nicht voraussetzen dürfen. Mit der anderen Gesteinsfacies, beziehentlich mit der Tieferlegung des Meeresbodens ziehen noch einige Gruppen ein, von denen wir bisher noch keine Reste kennen gelernt hatten, die aber jedenfalls in grösserer Entfernung vom Ufer auch im Untercambrium schon lebten. Die meist schlechte Erhaltung lässt eine eingehendere Besprechung ungeeignet erscheinen, und wir begnügen uns, die Thatsachen zu verzeichnen, dass ausser Spongiennadeln, Brachiopoden aus der Gattung Orthis, zweischaligen Muscheln oder Bivalven, Schnecken oder Glossophoren auch Kopffüssler oder Cephalopoden aufgefunden sind. Die letzteren vertheilen sich auf die geraden oder wenig gekrümmten Formen der Nautiloideen, was der verschiedentlich ausgesprochenen Ansicht, dass die Urform der Nautiloideenschale ein gerader Kegel gewesen sei, nicht ungünstig ist. Unter den Schnecken mögen die symmetrisch in einer Ebene eingerollten Bellerophon hervorgehoben werden, welche durch den tiefen Schlitz der Mündung characterisirt sind; auf die Wichtigkeit der Gattung für die Weiterentwickelung der Schnecken werden wir später noch zurückkommen. Ausserdem fügen sich noch nicht sicher gedeutete Gehäuse dem faunistischen Bilde ein, die man meist bei den Pteropoden unterbringt, obwohl ein directer Vergleich mit den lebenden Vertretern nicht durchzuführen ist. Auch diese als Conularia, Hyolithes und Theca bezeichneten Reste sind später im Zusammenhange mit anderen zu besprechen.

Die Crustaceen zeigen sich in beträchtlich höherer Anzahl und grösserer Formenfülle.

Unter ihnen treten die Vorläufer der Malacostraca, die sog. Phyllocariden, die man erst neuerdings von den Phyllopoden entfernt hat, verhältnissmässig am wenigsten hervor. Sie liegen zwar schon in den tiefsten Schichten, aber nie in grosser Anzahl oder einer derartigen verticalen Verbreitung, dass sie dem Geologen als Leitfossilien dienen könnten. Eine besondere Blüthezeit hat diese kleine Gruppe interessanter Krusten auch nie erreicht, aber dennoch ragen sie in der Gattung Nebalia, in welcher Eigenschaften der Phyllopoden, Copepoden und Decapoden noch nebeneinander bestehen, bis in die Gegenwart hinein.

Zahlreicher und dem Geologen werthvoller sind die Ostracoden, während der Palaeozoologe an den meist einfach verzierten und gleichförmig gebauten zweiklappigen Schalen, in denen sich der zarte Körper dieser kleinen Krustenthiere barg, wenig Handhaben für eine zoologische Beurtheilung findet. Die Uebereinstimmung der Schalen selbst der ältesten Leperditien mit lebenden Vertretern ist aber eine so weitgehende, dass an der Richtigkeit der Einreihung unter die Muschelkrebse nicht zu zweifeln ist.

Ausser Entomidella, welche den noch lebenden Cypridiniden angehört, hat man die cambrischen und auch die meisten silurischen Ostracoden in einer ausgestorbenen Familie der Leperditidae vereinigt, deren Angehörige sich durch sehr solide, oftmals beträchtlich grosse und verschiedenartig sculpturirte Schalen auszeichnen (Fig. 7). Schon aus der Grösse, welche diese Thiere in jenen Zeiten erlangten, besonders aber aus dem Formenreichthum, den im Silur Gattungen wie Beyrichia entwickeln und dessen Höhe nach dem Silur nie wieder erreicht ist, kann man schliessen, dass sie seit dem Palaeozoicum im Niedergange begriffen sind; einem Theile gelang es, sich in den Flüssen und Süsswasser-Seen zu acclimatisiren. Hierher gehören wohl auch die als Phyllopoden beschriebenen Gattungen Lepidilla und Lepiditta des amerikanischen Mittelcambriums.



A B

Fig. 5. Agnostus pisiformis Lin. Aus dem schwed. Alaunschiefer. B Gesteinsstück mit Agnostus, um das Vorkommen zu zeigen.

Die Trilobiten bilden, wie schon oft erwähnt, den grössten Theil aller erhaltenen Thierreste. An den untercambrischen Olenellus schliessen sich in höheren Schichten die nahe verwandten Paradoxides an. Ihre Arten- und Individuenzahl ist so gross, dass man die ganze Schichtenfolge als Paradoxides-Schiefer bezeichnet hat. Conocephalus oder Conocoryphe steht gleichfalls nahe und ist eine Gattung, welcher mehrere blinde Arten angehören. Blind waren auch die merkwürdigen kleinen Agnostus (Fig. 5), welche zu Millionen angehäuft vorkommen und durch die gleichförmige Ausbildung von Kopf- und

Schwanzschild bei sehr geringer Anzahl der Rumpfsegmente (1—2) sich auszeichnen. Die böhmische Gattung Sao ist berühmt dadurch geworden, dass Barrande an ihr die Entwickelung der Trilobiten vom kaum erkennbaren Ei bis zum ausgewachsenen Thiere mit zahlreichen Rumpfringen nachwies.

Die Verbreitung der Paradoxiden-Schichten ist eine eigenthümliche. In England bedecken sie als Menevian die Harlech-Schichten, in Schweden als Alaunschiefer die unteren Sandsteine, in Böhmen als Ginetzer-Schichten die Grauwacken und Conglomerate von Přibram, in Spanien als Kalke und Schiefer von La Vega die Rivadeo-Schiefer. Hier überall tritt an die Stelle der im seichtesten Wasser, von der vordringenden Brandungswelle abgelagerten Sandsteine und Conglomerate etc. ein Sediment aus tieferem Meere. Den eigentlichen Strand haben wir also gegen das Festland verschoben zu denken. Wo immer schon Meeresbedeckung geherrscht hatte, setzten sich jetzt die Sedimente in tieferem Meere ab, während um dieselbe, also mittelcambrische Zeit, in der Nähe des neuen Strandes wiederum Sandsteine und Gerölle abgelagert wurden. Dahin mögen Theile der versteinerungsleeren Schichten Thüringens gehören. In Sardinien lagern die Paradoxiden-Schichten (das System von Canalgrande) unmittelbar den archäischen Schiefern auf. An der russischen Küste hatte sich dagegen wenig verändert; nach wie vor setzten sich hier die Schichten des blauen Thones, später die Sande der Obolen-Etage ab.

In den anderen Erdtheilen sind Paradoxiden-Schichten nur in Nordamerika sichergestellt. Zwischen den östlichen Theilen und den westlichen Districten herrscht bezüglich dieser Abtheilungen ein deutlicher Antagonismus. Die Mitte der Vereinigten Staaten ist frei von unter- und mittelcambrischen Ablagerungen und scheint Festland gewesen zu sein. Während in der sog. St. Johns Group, in einer dem Streichen der Appalachien folgenden Zone von Massachusetts bis Newfoundland nicht allein europäische Niveaus, wie die Schichten des Olenellus Kjerulfi, des Paradoxides Tessini etc. in gleicher Höhe sich wiederholen, sondern selbst schwedische und englische Arten wie Paradoxides Davidis, Agnostus pisiformis u. a. mit Sicherheit nachgewiesen sind, andere durch geringe geographische Varietäten vertreten werden, lässt sich im Westen ein Vergleich mit Europa nur in grossen Zügen durchführen.

Ein mächtiger Rücken krystallinischer Gesteine trennte die beiden Hälften des amerikanischen cambrischen Oceans und nur um die Südspitze desselben war eine Verbindung der beiderseitigen Faunen möglich. Die Uebereinstimmung der atlantischen Ränder Amerikas und Europas mag zum Theil in directer Uebertragung einzelner Arten durch Meeresströmungen ihren Grund haben. Schwärme kleiner Trilobitenlarven wurden sicherlich weit verschleppt.

Wichtiger wurde aber wohl für die gleichmässige Ausbildung beider Faunen der Umstand, dass höchst wahrscheinlich ein nordatlantisches Festland, eine Atlantis existirte, an dessen Rändern die Wanderungen der Thiere sich leichter vollziehen konnten und von dem aus sowohl Europas wie Amerikas Küstenregion invadirt wurde. In Europa reichen die cambrischen Ablagerungen nur bis zu dem Gebiete alter Gneisse, das sich von den Lofoten bis zu den Hebriden und Schottland fortsetzt und welches als Küstenwall des alten Continentes betrachtet werden kann, und eine ähnliche Zone ist das Gneissgebirge, welches vom Norden her die westliche Begrenzung der Davisstrasse und Baffinsbay bildet und sich bis zur Belle-Isle-Strasse fortsetzt. Weitere Schlüsse über die Lage des alten Festlandes folgen aus der symmetrischen Vertheilung der Sedimente gegen die genannten Gneissgebiete, in deren Nähe Massen von Sandsteinen und Schiefer aufgehäuft sind, während Kalksteine sich erst in bedeutenderer Entfernung einstellen.

Das Bild, welches wir aus diesen Betrachtungen über die Vertheilung von Land und Wasser zu mittelcambrischer Zeit gewinnen, ist in Kärtchen I zusammengestellt. Aus Südamerika, Afrika und Australien sind Beweise für das Vorhandensein der Paradoxiden-Schichten bis jetzt nicht beizubringen, in Asien sind nur im Himalaya-Gebiet Schichten mit Conocephalus bekannt. Die sonst erwähnten cambrischen Ablagerungen dieser Erdtheile gehören sämmtlich zu der nächst höheren Stufe, der wir auch eine kurze Betrachtung widmen müssen.

C. Die obercambrischen Schichten.

Es wurde schon angeführt, dass die Schichten des oberen Cambriums in Nordamerika eine weitere Verbreitung haben als die tieferen, dass sie nicht nur im Osten und Westen auftreten, sondern auch die dazwischen liegenden Gebiete überziehen, freilich durch Denudation stark decimirt, so dass auf den Gneissen Canadas nur relativ geringe Schollen sich erhalten haben. Es ist dies der Potsdam-Sandstein, eine Seichtwasserbildung mit allen Erscheinungen, die solche characterisiren, Schlammsprüngen, Fährten, Wurmgängen, Wellenmarken und Windrippung. Er bezeugt ein Vordringen des cambrischen Meeres über das Gebiet des sog. canadischen Schildes, das überall nur mit seichtem Wasser überzogen wurde, während in den tieferen Meerestheilen des St. Johns-Gebiets und des Eureka-Districtes auch die Potsdam-Gruppe einen anderen Habitus annimmt, kalkig wird und Thiere einschliesst, die denen der mittelcambrischen Schichten nahe verwandt sind.

„Die Sedimente der Binnenprovinz entstanden, indem das Meer langsam

über das Land vordrang und die Zertrümmerungsproducte, die von ihm verarbeitet oder von tributären Strömen zugeführt waren, als Sandbänke längs der Küste und in einen anstossenden seichten See vertheilte. Von Arizona nach Texas, nach Missouri, den Black Hills, dem östlichen Rand der Rocky Mountains, und ganz längs der Nordgrenze in Minnesota, Wisconsin, Michigan, Canada und den Adirondacks von New-York ist das Bild dasselbe — Sandstein, der auf praecambrischen Gesteinen lagert und wesentlich dieselbe Fauna einschliesst. In einigen Gegenden nahm die Tiefe des Wassers rasch zu und kalkige Sedimente häuften sich auf dem Sande an, wie in Arizona, Texas, den Black Hills und einigen Oertlichkeiten längs des Ostfusses der Rocky Mountains. Dass das Meer seicht, weit verbreitet und auf einer weit ausgedehnten Küstenlinie im Vorrücken war, wird bewiesen durch die Sedimente und die Gegenwart einer ähnlichen Fauna in New-York, im Thal des oberen Mississippi, den Black Hills, der Ostfront der Rocky Mountains und ferner nach Süden in Texas und Arizona. Ueber dieses ganze weite Gebiet bleibt die Schichtenfolge der Unterabtheilungen des oberen Cambriums sich gleich, und nirgends wissen wir etwas von der Existenz von Formationen, welche durch die unter- und mittelcambrischen Faunen characterisirt sind, wie in der atlantischen, appalachischen und Rocky Mountains-Provinz, ausgenommen vielleicht die mittelcambrische Fauna im Südwesten der inneren sog. Continental-Unterprovinz" (Walcott).

Dass die obercambrischen Schichten auch ausserhalb Nordamerikas eine weitere Verbreitung gewinnen als die älteren, ist im Allgemeinen ersichtlich, aber im Einzelnen schwer nachzuweisen, da wir in manchen Fällen nicht sicher entscheiden können, ob die nicht beobachteten Schichten in der That fehlen. Zu derselben Zeit, als in Canada der Potsdam-Sandstein abgesetzt wurde, bildeten sich in Schweden die höheren Lagen der Alaunschiefer, die Olenus-Schichten und darüber als Abschluss die Dictyonema-Schiefer, und aus Südamerika, aus Australien, aus China, Korea und den Amurländern sind bisher nur solche primordiale Versteinerungen bekannt geworden, welche sich der Fauna dieser oder noch höherer Horizonte einreihen lassen. Würden die Paradoxides-Schichten diesen Ländern in der That fehlen, so hätten wir ein fast allgemeines Vordringen des cambrischen Meeres zu verzeichnen.

In Europa müssen während dieser Zeit sehr complicirte Verhältnisse zwischen Wasser und Festland geherrscht haben. In Böhmen können die Schichten von Ginetz unmöglich die ganze Reihe der primordialen Ablagerungen repräsentiren. Man kann sie nur mit dem auch petrographisch ähnlichen Menevian Englands und den Paradoxides-Schichten Schwedens in

Parallele bringen. Die Olenidenstufe ist dagegen in Böhmen nicht zur Ausbildung gekommen. Eine geringe, aber bemerkenswerthe Discordanz der die Etage C[1] überlagernden Schichten, welche Marr beobachtet hat, legt die Vermuthung nahe, dass das Meer sich eine Zeit lang aus diesen Gegenden zurückgezogen hatte oder doch starke Schwankungen des Meeresspiegels oder Strömungen die Ablagerung von Sedimenten verhinderten. In der jüngsten vorsilurischen Zeit lagerte das Meer aber auch in Böhmen wieder normale Sedimente ab. Die Basis der Etage D, $D_1\alpha$ und $D_1\beta$ nach Barrande'scher Bezeichnung, trägt grosse Aehnlichkeit mit englischen obercambrischen Ablagerungen. $D_1\alpha$ besteht aus z. Th. conglomeratischen, nur Lingula enthaltenden Schichten, einer Strandbildung, die noch einem Theil der „Lingulaflags" in England entsprechen mag, während die phosphoritreichen, oolithischen Eisensteine von $D_1\beta$ von gleichen Bildungen im englischen Tremadoc und den Thuringitschiefern des Fichtelgebirges und Thüringens kaum zu unterscheiden sind.

Immer schwieriger werden jetzt die Parallelisirungen der dem europäischen Continente sonst noch eigenen vorsilurischen Schichten. Stauchungen der Erdrinde, häufige Ausbrüche vulcanischer Magmen haben die Gesteine vielfach verändert und das palaeontologische Gepräge entstellt, so dass es schwer ist, die Leitlinien der alten Verbindungen aufzufinden.

Jedenfalls ist die Fauna der Paradoxiden-Schichten, welche in Böhmen so artenreich auftritt und auch bei Sandomir nachgewiesen wurde, im benachbarten Deutschland, wo meist versteinerungsleere Schiefer und Quarzite das Cambrium repräsentiren, noch nicht gefunden, während alle Funde von Versteinerungen, wie bei Leimitz und Siegmundsburg und im belgischen Massiv von Rocroi auf die Existenz einer Fauna hinweisen, wie sie etwa in England im unteren Tremadoc, in Schweden im Ceratopyge-Kalk herrscht.

Entsprächen diese Beobachtungen dem wirklichen Sachverhalte, so könnte man daraus schliessen, dass die Einwanderung der Primordialfauna nach Böhmen und Polen von Schweden aus geschah, indem das Meer weit in das Innere Mitteleuropas eingriff. In der obercambrischen Zeit wird Böhmen wieder isolirt, vielleicht Festland und erst am Schluss der Periode dringen die Wasser wieder mächtig vor und verbreiten sich diesesmal nicht allein über Böhmen, sondern auch über Baiern und Thüringen und treten vielleicht mit den westlichen Gewässern in Verbindung. Ehe aber nicht genauere palaeontologische Daten vorliegen und insbesondere ehe nicht über die südeuropäischen Vorkommnisse vorsilurischer Schichten mehr Klarheit verbreitet ist, wird man sich über das grossartige Wechselspiel zwischen den Fluthen

des cambro-atlantischen Meeres und unserem Continente, durch welches bald randliche Küstenzonen in die Tiefen versenkt wurden, bald weiter im Innern fast abgeschnürte Becken entstanden, nur trügerische Vorstellungen machen können.

Auf der iberischen Halbinsel ist das Cambrium an vielen, räumlich weit getrennten Orten nachgewiesen. Fast $^1/_3$ der Gesammtoberfläche Spaniens wird dem cambrischen Gebiete zugerechnet. Eine sehr mächtige, in Asturien 3000 m starke Folge von Schiefern und Phylliten mit eingeschalteten Quarziten (Schiefer von Rivadeo) endigt in Schiefern, Sandsteinen oder Kalken, welche hier und dort eine Paradoxiden-Fauna enthalten und von Untersilur überlagert werden, so dass, wie in Böhmen, die Olenus-Schichten nicht zur Ausbildung gekommen sind. Indessen ist es nicht unwahrscheinlich, dass die angeblich untersilurischen Sandsteine von Cabo Busto, mit Scolithes und Bilobites, ferner bunte Sandsteine mit Lingulella Heberti, dem Grès armoricain der Bretagne entsprechen, also den höheren Schichten des Oleniden-Niveaus gleichzustellen sind. Und noch ein Umstand ist bemerkenswerth. In Sevilla, Granada, Andalusien und der Sierra Nevada tritt in den obersten kalkigen Schichten die Gattung Archaeocyathus auf, welche zuerst in den die Ufer des St. Lorenz-Stroms begleitenden cambrischen Sandsteinen entdeckt, dann aber in grosser Masse besonders auf Sardinien im gleichen Niveau gefunden wurde. Dies gleichzeitige Vorkommen der Archaeocyathinen auf Sardinien und im südlichen Spanien verräth Beziehungen, welche wohl enger sind als die zwischen Böhmen und Spanien angenommenen, sich nur auf das Fehlen eines bestimmten Niveaus stützenden, und es scheint, dass wenigstens in Sevilla und Andalusien das Obercambrium auch nicht fehlt, sondern nur in einer von der nord- und mitteleuropäischen abweichenden Ausbildung auftritt. In Frankreich ist die Durchforschung der cambrischen Ablagerungen noch nicht vollendet; der Grès armoricain der Bretagne ist ein weitverbreiteter Horizont, welcher den oberen Lingulaflags und dem Tremadoc gleichsteht und auch in Südfrankreich wieder auftaucht, während Paradoxiden-Schichten nirgends bekannt geworden sind. Die Parallelisirung der den Grès amoricain unterlagernden, durch eine Discordanz getrennten Sandsteine und Schiefer mit den einzelnen Stufen des Cambriums in England ist, da Versteinerungen ganz fehlen, eine willkürliche; Bigot sieht in ihnen Vertreter der Basal-Conglomerate, der Caerfai-Schichten, des Menevian und der Olenus-Schichten, ohne aber zwingende Gründe anzuführen. Im Allgemeinen macht die Sachlage auch hier den Eindruck, als wenn um die Zeit der Paradoxides-Stufe ein Rückgang des Meeres und gegen Ende der Olenus-Stufe ein erneuter Andrang stattgefunden habe.

Fünftes Capitel.

Das silurische System.

Der Uebergang zur Silurzeit. Viele englische Geologen haben sich dagegen erklärt, das Cambrium als selbständige Formation vom Silur abzutrennen; wenn der völlige Uebergang zwischen zwei Schichtsystemen ein Grund wäre, die in ihnen sich ausdrückenden geologischen Zeiten zu vereinigen, so müsste man ihnen beistimmen, denn in allen Ländern treten Uebergangsgebilde auf. Schon practische Erwägungen lassen es rathsam erscheinen, die ungeheuere Masse der ältesten Meeresabsätze in mehrere Theile zu gliedern, noch mehr aber die Thatsache, dass die Thierwelt nach Beginn des Silurs eine völlige Umänderung erfuhr, die sich besonders in der überraschenden Invasion grosser Cephalopoden kund thut. Damit erfahren wir, dass wir in einer anderen Zeit stehen. Die Forderung, dass die grossen Formationen durch Lücken in der Reihenfolge der Meeresabsätze sich müssen trennen lassen, hat zunächst zu erweisen, dass das Weltmeer in rhythmischen Wiederholungen sich über die continentalen Vesten verbreitet und wieder zurückgezogen habe; die bisher geltend gemachten Gründe können aber nicht als beweisend angesehen werden. Man müsste ausserdem verlangen, dass das Meer immer in ein bestimmt umschriebenes Gebiet zurückgesunken sei, denn überall, wo das Meer der nächsten Aera es noch im Lande findet, wird im Allgemeinen keine Unterbrechung der Meeresabsätze stattgefunden haben, und so würde es immer Stellen gehen, wo die Scheidung der Formationen doch auf palaeontologischem Wege, durch die Beurtheilung der Thierwelt, geschehen müsste. Nach jeder Transgression tritt aber zugleich eine horizontale Verschiebung der Meere ein und ein abermaliges Ausgreifen wird dadurch häufig in andere Richtungen geleitet.

Die Uebergangsschichten bilden die Fortsetzung der obercambrischen Serie und greifen vielleicht noch weiter als diese über die Ufer des älteren

Meeres. Es liesse sich dadurch vielleicht rechtfertigen, mit jener schon das Silur zu beginnen, und in der That bereiten sie den Character der Silurfauna allmählich vor, wenn wir einseitig die Entwickelung der Trilobiten im Auge haben, während die grossen, derbschaligen Cephalopoden und Gastropoden überall fast unvermittelt sich einstellen. Gleichzeitig wird die petrographische Beschaffenheit der Absätze eine überwiegend kalkige, während in der cambrischen Aera Sandsteine und Thone resp. Schiefer vorwalten. An vielen Stellen der Erde ist nachgewiesen, dass die Silurkalke über die Grenzen des Cambriums hinausgreifen, an anderen bedecken sie ein kleineres Areal als diese; ein Schwanken der Meere hat auch in dieser Zeit stattgefunden und wenn wir uns auf die am besten untersuchten Erdtheile, Europa und Amerika, beschränken, so ist hier ein weites Sinken des Landes und Vordringen des Meeres die Regel.

Sehr allgemein schliesst die cambrische Sedimentbildung mit schiefrigen Lagen ab, welche in ungeheueren Massen die zarten Reste des Dictyonema flabelliforme enthalten; dieser Horizont ist in Norwegen, Schweden und England nachgewiesen und überlagert auch in Russland den Obolensand. In den baltischen Provinzen folgen bis zum Silur nur zwei wenig mächtige Schichten, die nach den eingesprengten grünen Körnchen als Glauconitsand und Glauconitkalk aufgeführt werden. Nur die letztere ist reicher an Petrefacten. Im Gegensatz zu der eintönigen Folge des Obolensandes und der Dictyonemaschiefer bietet die Fauna besonders des Kalkes manche interessante Neuheit, erscheint aber doch arm gegenüber den unmittelbar anschliessenden Schichten des echten Untersilurs. In Norwegen sind die Uebergangsschichten mannichfaltiger entwickelt und im Christianiagebiet auch innig mit dem Cambrium verbunden; auch hier zieht man die Grenze über den Dictyonemaschiefern, aber wohlbewusst, dass sie rein künstlich ist und ebensogut an einer andern Stelle zwischen diesem und dem sog. Ceratopygekalk gezogen werden könnte. Aehnlich liegen die Verhältnisse in Schweden, obwohl hier der Ceratopygekalk doch dem Silur näher steht als dem Cambrium. In England treten über dem Dictyonemaschiefer, der auch hier als conventionelle Grenze gilt, die Shineton-shales als Uebergang zum unteren Tremadoc auf, der wieder dem Ceratopygekalk entspricht. Dass die Fauna von Hof hierher gehört, erkannte schon Linuarsson, und ein Theil des Grès armoricain der Bretagne schwankt in gleicher Weise zwischen Silur und Cambrium.

Auffallend durch ihre (angebliche) Mächtigkeit sind die Schichten, die in Nordamerika zwischen dem Cambrium, das hier mit den obersten Schichten des Potsdam-Sandsteins abschliesst, und dem Silur sich einschalten.

Man gewinnt den Eindruck, dass die amerikanischen Geologen trotz ihrer grossartigen Leistungen der faunistischen und stratigraphischen Schwierigkeiten noch nicht Herr geworden sind. In Nevada werden schon die obersten Potsdam-Schichten (Pogonip) nach Brögger dem Ceratopygekalk gleichgestellt, an der Ostküste bildet der Lower Calciferous Sandstone (über dem Potsdam) ein Bindeglied, welches auf New Foundland 1800 Fuss mächtig sein soll. Sein Alter ist wohl etwas zu hoch angeschlagen; die Cephalopoden und Gastropoden weisen bestimmt auf Silur hin.

Die eigenartige Zwischengruppe kehrt in China wieder, sie fand sich in Australien und dürfte auch in Argentinien vorhanden sein, neben den von Kayser beschriebenen Olenus-Schichten und jüngeren Kalken, welche nach den Gastropoden dem russischen Vaginatenkalk entsprechen.

Die kurze Zusammenstellung mag die weite Verbreitung einer Gruppe erweisen, die selbst weiter auszugreifen scheint als das Cambrium, ohne Grenze in das Silur übergeht und sich besonders durch ihre Trilobiten und die sog. Graptolithen auszeichnet, denen wir hier zum ersten Male begegnen. Auch das erwähnte Dictyonema flabelliforme gehört zu der Abtheilung der Graptolithen, obwohl es nach mancher Richtung auch abweicht.

Bei Dictyonema bildet ein zierlich aus Horn- oder Chitinstäben geflochtener Korb das Gerüst für eine Colonie kleiner Lebewesen, deren jedes in einer kleinen Zelle geborgen war; diese Zellen bildeten einseitige Reihen an Stäben, die über den Rand des Korbgeflechts heraussahen. (Fig. 6.)

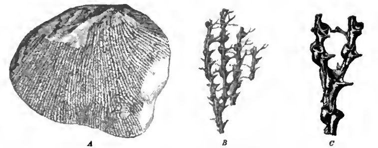


Fig. 6. Dictyonema cervicorne Holm.
Eine obersilurische Art von Gotland.
A in natürlicher Grösse, *B* nnd *C* vergrössert, nm die Gestalt und Anordnung der Zellen zu zeigen.
(Nach G. Holm.)

Bei den Graptolithen im engeren Sinne (vgl. Fig. 37 S. 138) münden alle Zellen in einen gemeinsamen Hohlraum, der die stabförmige Axe durchzieht; man kann daraus schliessen, dass der Zusammenhang der Individuen nicht

aufgehoben war, sondern ein gemeinsames Leben in allen Theilen des Stockes pulsirte, wie das ja auch von Korallenstöcken bekannt ist. Noch ähnlicher sind die wohlbekannten Seefedern, die Plumularien und Sertularien, mit denen die Graptolithen oft verglichen werden, aber sie besitzen eine massive Axe. In dem Kreise der Coelenteraten werden wir uns jedenfalls umzusehen haben, wenn wir die Verwandten der Graptolithen ermitteln wollen, aber ebenso sicher bilden sie eine gänzlich ausgestorbene Gruppe. Besonders bei obersilurischen Graptolithen hat man die Beobachtung gemacht, dass die wie eine Säge gestalteten Graptolithenzweige mit einem scheibenförmigen Organ in Verbindung treten. Während die einen an ein Haftorgan denken, mit dem die Colonie im Schlamm stak, bevorzugen andere den Vergleich mit den Schwimmglocken oder ähnlichen hydrostatischen Apparaten der Siphonophoren, welche in Stöcken leben, in denen jedes Individuum seine besondere Rolle spielt. Auch die Schwimmglocken sind nur modificirte Individuen; andere besorgen die Nahrungsaufnahme, andere die Bewegung des Stockes. Denken wir uns die Graptolithen schwimmend, so müssen natürlich die Oeffnungen der Zellen nach unten, das vermuthliche Schwimmorgan nach oben gestellt gewesen sein. Dass die Graptolithen selten in Kalken, sondern fast immer in Thonschiefern und hier oft in grosser Menge angehäuft sich finden, legt allerdings den Gedanken näher, dass sie auf schlammigem Meeresboden in nicht zu grosser Tiefe ausgedehnte Rasen bildeten; als pelagische Schwimmer hätten sie auch in Gebiete kalkiger Ablagerungen gerathen müssen; andererseits lässt die weite Verbreitung der einzelnen Arten sich schwer mit der Vorstellung vereinigen, dass sie gleichsam an den Boden gefesselt waren. Diese Eigenschaft in Verbindung mit einer grossen Veränderlichkeit in der Zeit machen die Graptolithen zu wichtigen Leitfossilien, nach denen besonders in England und Schweden eine eingehende Gliederung der Schichten versucht ist, die natürlich den Character der Einseitigkeit nicht abstreifen kann.

Die Graptolithen sterben mit dem Silur aus; die angeblich devonischen Graptolithen, die im Harz gefunden sind, werden auch obersilurischen Schichten angehören. Bemerkenswerth ist es, dass die ältesten Graptolithen (Dictyonema ausgeschlossen) doppel- und mehrzeilig um die Axe gestellte Zellen haben, während die jüngeren sich in einzeilige Aeste spalten. Die Uebergangsschichten sind durch Arten der Gattungen Bryograptus und Phyllograptus ausgezeichnet, von denen die letzteren dem sog. Phyllograptus-Schiefer in Scandinavien und England eigenthümlich sind.

Die Gesellschaft der primordialen Trilobiten wird um die ersten Ver-

treter der Asaphus-Familie vermehrt. Ebenso characteristisch, wie Agnostus, Paradoxides und Olenus für das Cambrium sind, werden die Asaphiden für das Silur. Die ganzrandigen Kopf- und Schwanzschilder werden sich sehr ähnlich, Längs- und Quertheilung treten zurück, und im Gegensatz zu den stachlichten Formen der Paradoxiden bildet sich ein plumper, massiver Typus heraus. Niobe, Nileus und Symphysurus sind die ständigen Begleiter der Ceratopyge forficula, eines kleinen Trilobiten mit langen, gebogenen Stacheln am Schwanzschilde. Ceratopyge selbst, welche dieser wichtigen Schichtengruppe den Namen gegeben hat, ist noch ein Ueberbleibsel aus der primordialen Zeit, aber ihre Begleiter sind ganz von der im Silur auftretenden Richtung beherrscht; es treten sogar Arten der Gattungen Remopleurides, Amphion und Cheirurus auf, die erst weit später zur Blüthe gelangen, und von Cephalopoden ist ein Orthoceras atavus in Norwegen gefunden worden. Diese Vorläufer bereiten uns auf die Silurformation vor, aber dennoch werden wir durch den Fortschritt überrascht, den in dieser Zeit das Thierleben in Zahl und Mannichfaltigkeit der Arten macht. Die Karte zeigt die alten Meere um diese Zeit schon fast in der Ausdehnung, die auch für das Silur gilt; noch existiren die grossen Festlandsmassen im Norden, und während Meer über einem Theil von Mittel- und Süd-Europa stand, war auch Afrika ein Continent, der sich einerseits bis Indien, andererseits weiter nach Westen ausdehnte und vielleicht durch Inselgruppen mit der brasilianischen Landmasse in Berührung trat. An den Rändern dieses südlichen Landgürtels konnte die Einwanderung der für Amerika characteristischen Archaeocyathus-Korallen nach dem iberischen und sardinischen Meere erfolgen, wo sie gegen Ende der mittelcambrischen Zeit angelangt sind. Eine Strasse nach dem argentinischen Meere musste offen sein, oder die für das argentinische Silur, den Lower Calciferous Nordamerikas und den russischen Vaginatenkalk in gleicher Weise bezeichnenden Maclurea-Arten wanderten westlich um den Continent herum.

Die eigenartige Ausbildung des russischen Cambriums lässt in der Nähe den Strand vermuthen; gegen Norden erhob sich Finnland als ein aus Gneiss und Granit bestehendes Festland, ein Vorsprung des asiatischen Körpers, den eine Meeresstrasse von dem Continente der Atlantis trennte. Die Verbindung nach Böhmen, die zur Paradoxidenzeit offen war, ist fast oder ganz unterbrochen, sodass das böhmische Becken den östlichen Theil eines von England über Belgien her weit vordringenden Busens bildet. Dort wo er sich gegen Westen weiter öffnet, ragt eine Insel aus dem Wasser, aus alten Gesteinen Nordfrankreichs gebildet.

Die weiten Flächen Asiens sind geologisch wenig bekannt, aber alle bisher gemachten Erfahrungen sprechen dafür, auch hier Festland anzunehmen, welches durch ein indochinesisches Meer am Ostrande tief ausgebuchtet ist, nach Süden mit Afrika zusammenhängt und nach Norden weit in die arctischen Regionen reicht.

In den vereinigten Staaten erstreckt sich das oberste Cambrium von der Ostküste bis in die westlichen Staaten, aber nach Norden zeigen die canadischen Gneissfelsen wieder Festland an, das dann im Silur zum Theil vom Meer erobert wird. Wie weit diese Masse nach Norden reicht, ob sie östlich mit der Atlantis sich verbindet, lässt sich nach negativen Daten vermuthen: Aus den arktischen Regionen sind nur silurische Fossilien von den Reisenden mitgebracht und der Zug der cambrischen Gesteine hört an der Südspitze von Labrador auf. Eine Ausdehnung der Atlantis auch über das nördliche Nordamerika ist hiernach wahrscheinlich.

Mittelamerika gehört zur brasilianischen Masse und als langgestreckte Inseln erhoben sich in dem amerikanischen Meere die Gegenden der jetzigen Appalachen und der Rocky Mountains.

Ein australischer Continent umfasste auch die meisten der malayischen Inseln, da hier fast allgemein den krystallinischen Schiefern erst weit jüngere Sedimente aufgelagert sind. Ueber Südaustralien (Tasmanien) drang bereits zu Ende der cambrischen Zeit das Meer vor, aber ältere Ablagerungen haben auch die eifrigen Nachforschungen der australischen Geologen noch nicht auffinden können. Wenn nun auch nach Süden jedenfalls offenes Meer brandete, so ist es doch ganz unwahrscheinlich, dass dieses Verhalten für die ganze antarctische Region gilt. Auf einigen Inseln im Süden Patagoniens sind Fossilien gesammelt, aber nur silurische, und ausserdem ist Gneiss bekannt. Möglicherweise ragte auch ein antarctisches Festland gegen die mittleren Continente vor.

Das typische Silur und seine Verbreitung. Die tieferen Schichten der silurischen Formation, die gleich der cambrischen ihren Namen nach dem Wohnsitze eines alten englischen Volksstammes trägt, schliessen sich in ihrer Verbreitung den obercambrischen und den getrennt besprochenen Uebergangsschichten nahe an, greifen aber doch an vielen Stellen weit über die Grenzen der cambrischen Meere hinaus. Im Obersilur heben sich die Festländer wieder mehr heraus; gelegentliche Transgressionen des Meeres in Gebiete, in denen tieferes Silur nicht bekannt ist, lehren, dass es sich hier thatsächlich um selbständige Bewegungen der Erdrinde handelt, dass bei einer Hebung im Ganzen locale Senkungen vorkamen. Der Schluss des

Systems ist vielerorts durch Schichten angezeigt, die sich nur in absterbenden, theils brackischen, theils durch Verdunstung stark salzhaltigen Meerestheilen bilden konnten. Die Küste des nordatlantischen Festlandes begünstigte einen regen Austausch der westlichen und östlichen Faunen, z. B. das Wandern der bekannten obersilurischen Korallen, wie Halysites, Heliolites; verhältnissmässig leicht lassen sich die in Nordamerika unterschiedenen Gruppen des silurischen Systems mit denen in England und den baltischen Gebieten parallelisiren. Dagegen tritt die Existenz eines Landrückens, welcher im queren Verlauf durch Europa von der England, Skandinavien und Russland umfassenden nordeuropäischen Zone eine südlichere mit selbständig entwickelter Fauna und abweichender Folge der Meeresabsätze scheidet, stark heraus. Diese mittel- und südeuropäische Provinz, welche von Belgien über Frankreich und Deutschland nach Böhmen und den östlichen Alpen verläuft und auch das Silur von Spanien und Sardinien und was sonst noch an sporadischen Vorkommnissen im Mittelmeergebiet bekannt ist, umfasst, aber von vielen Inseln durchsetzt war, sondert sich von allen übrigen, auch den aussereuropäischen Gebieten so scharf, dass ihre Verbindung mit den Weltmeeren wenigstens zeitweise nur gering gewesen sein kann. Es wird dies um so auffälliger, als die nordeuropäische Silurentwickelung fast auf der ganzen Erde, wo Silur gefunden wurde, als Norm angenommen werden konnte, obwohl faunistische Provinzen selbst in jener entlegenen Zeit schon vorhanden waren. Nicht derartige regionale Differenzen herrschten diesseits und jenseits des silurischen europäischen Landrückens, sondern Isolirung und stärkeres Eingreifen der Localcharactere setzten das mittel- und südeuropäische Meer in Gegensatz zu allen bekannten. Dass es dem Becken nicht an Verbindungen mit dem Weltmeer fehlte, beweisen manche eingewanderte Arten, z. B. die Eurypteren aus Nordamerika, die Ascoceren aus Skandinavien u. a.; dieser Austausch und Zuzug konnte es vor Verarmung der Fauna schützen, aber er vermochte nicht, die Eigenart zu verwischen. Am bekanntesten ist aus dieser Region die Gliederung des Silurs in Böhmen, dessen reiche Fauna den Stoff zu den Werken Barrande's lieferte. Sowohl nach ihrer Zusammensetzung wie nach der Entwickelungsstufe ist sie von der cambrischen sog. Primordialfauna so weit getrennt, dass man sie nicht genetisch aus ihr ableiten kann. Ob wir nun mit Marr annehmen, dass zwischen den Paradoxiden-Schichten und Barrande's Etage D (Untersilur) eine Zeit starker Einschränkung des Meeres liegt, sodass die Wogen des untersilurischen Meeres sich das zu Festland gewordene Gebiet zurückerobern mussten, wie es durch eine geringe Ungleichförmigkeit der Lagerung

und conglomeratische Ausbildung der tiefsten Schichten der Etage D ausgedrückt zu sein scheint, oder ob man die beiden tiefsten Horizonte von D mit ihren Conglomeraten, Diabasen und Eisensteinen noch zum Cambrium zieht und mit den Thuringit-Horizonten Deutschlands oder dem Tremadoc Englands vergleicht, die Kluft bleibt dieselbe, und das Fehlen der Olenusfauna und jeder Uebergangsfauna zum Silur lässt sich nicht verkennen. Eine solche Discontinuität in einem isolirten Becken wäre undenkbar; hier deutet vielmehr alles auf eine ausgiebige Verbindung mit einem grossen Meere, und da die tieferen silurischen Schichten Böhmens am weitesten von der nordeuropäischen Entwickelung abweichen, während später Beziehungen deutlicher heraustreten, so kann dieses nur nach Süden und Südosten zu suchen sein. Die Spuren eines alten Mittelmeeres, welches mit den indischen Gewässern sich vereinte, werden uns in fast allen späteren Formationen begegnen; es wird sich vielleicht auch für die Silurzeit nachweisen lassen. Die Silurscholle in Marokko deutet darauf hin, dass dieses Mittelmeer etwas weiter gegen Afrika vorgedrungen war, als das heutige, doch fehlt es weiter östlich. Nach Analogie mit den Meeren späterer Formationen würde trotzdem eine Verbindung mit dem südostasiatischen Silur im Himalaya, vom Pendschab, Kaschmir und China zu erwarten sein.

Für das Studium der nordeuropäischen Entwickelung beansprucht in erster Linie das russische Silur unsere Beachtung. Vom finnischen Meerbusen aus erreicht man, nachdem der steile Abfall des Silurs und Cambriums gegen die See überstiegen ist, nach Süden vordringend immer jüngere Schichten, welche eine Zeit lang in breiten Bändern die Oberfläche des Landes bilden und dann, bei sehr schwacher Neigung, unter noch jüngeren Gesteinen verschwinden. Nur durch die Thätigkeit des Wassers und des diluvialen Eises ist ein lebhafterer, landschaftlicher Zug in die Tafellandschaft gebracht, sattelförmige Biegungen der Schichten treten nur nach dem Osten zu auf, während in Esthland die Gesteinsbänke in ebener Lagerung übereinander folgen. Die durch Vegetation und Verwitterung geschaffene Erddecke ist nicht stark; oft kann man mit dem Stock durch den Rasen hindurch den festen Fels erreichen, und auch wo mürbere Beschaffenheit der Schichten ihre Zerstörung unterstützt, genügt ein Wasserriss, ein kleiner Schurf, um den unberührten Boden bloszulegen.

Trotzdem ein zusammenhängendes Profil bei der fast horizontalen Lage der Schichten nicht beobachtet werden kann, liess sich doch bei der grossen Regelmässigkeit und Einfachheit des geologischen Baues die Folge der Schich-

ten in jener mustergiltig genauen Weise festlegen, die wir aus Fr. Schmidt's Schriften kennen.

Ueber den nicht sehr mächtigen Glauconitsanden und Kalken, welche den Zusammenhang mit dem Cambrium aufrecht halten, folgt als erste typische Untersilurstufe der Vaginatenkalk, oben und unten eingefasst von Kalkbänken mit zahllosen kleinen Eisenlinsen. Er erhielt seinen Namen nach der Häufigkeit von Orthoceren aus der Gruppe des Orthoceras (Endoceras) vaginatum. Dann folgt das wichtigste Glied, der Echinosphäritenkalk, der bei Reval in ausgedehnten, sehr alten Steinbrüchen ausgebeutet wird, und dann eine Reihe von palaeontologisch gut unterschiedenen Stufen, welche nach verschiedenen Ortschaften benannt sind; die höchste Schicht des Untersilurs, die Borkholmer, bildet zugleich die höchste Erhebung Estblands. Nach Süden reichte dieses Meer bis nach Polen hinein, wo es im Höhenzuge Kielce-Sandomir noch vom Cambrium, hier aber in rein skandinavischer Entwicklung unterlagert ist, sodass man nicht ohne Weiteres die Grenze des esthländischen Cambriums bis hier ausdehnen darf. Viel wahrscheinlicher ist, dass man es hier mit einem selbständigen Arm des schwedischen Meeres zu thun hat, und das ganze Gebiet der südwestlichen Gouvernements zur cambrischen Zeit Festland war und erst vom Untersilur überschritten wurde. Auch nach Osten greift das Silur weit über die cambrische Küste hinaus. Es erscheint am Westabhang des Ural, hier steil gefaltet, oft metamorphosirt, nimmt aber doch nur geringen Antheil an der Zusammensetzung des Gebirgs. Untersilur ist nur im südlichen Ural bekannt, von ausgesprochen littoralem Character, Obersilur ist nirgends mit Sicherheit bekannt, wenn es auch im nördlichen Ural zu vermuthen ist.

Zur Obersilurzeit hatte sich das Meer schon wieder sehr zusammengezogen, und ausserdem sind seine Ablagerungen durch Erosion stark zerstört; nur nach Südosten greift es weit über die Grenze des Untersilurs hinaus, bis nach Podolien und Bessarabien. Das grosse, bis zum Ural ausgedehnte Meer des Untersilurs ist völlig verschwunden, dagegen markiren sich hoch im Norden kleinere Uebergriffe des polaren Meeres in der Gegend des Timan und an den Lena-Mündungen. Seine tieferen Lagen sind oft ganz erfüllt von Brachiopoden der Gattung Pentamerus, nach oben schalten sich Seichtwasserbildungen mit schönen Crustaceen (Eurypterus, Pterygotus) und Fischen (Thyestes etc.) ein, allmählich die eigenthümliche Facies des Devons vorbereitend, die als Oldred zuerst aus England beschrieben wurde, aber besonders auch in Russland eine grosse Bedeutung hat. Die Insel Oesel kann als ein classischer Boden für das Studium dieses Obersilurs ge-

nannt werden. Ganz ähnlich dem russischen ist das schwedische Silur ausgebildet, doch treten die entsprechenden Schichten hier auch in einer anderen Facies auf, die durch das massenhafte Vorkommen von Graptolithen ausgezeichnet ist; es ist früher ausgeführt, dass diese Thiere, deren Stellung im System noch nicht ganz sicher ist, wahrscheinlich die schlammigen Gründe flacherer Meerestheile als Aufenthalt liebten. Hier sowohl wie in Norwegen und Grossbritanien treffen wir aber auch immer Horizonte, über deren Identität mit esthländischen kein Zweifel sein kann. So geht z. B. die Uebereinstimmung der Gastropodenfauna in den schwarzen Kalken bei Christiania mit der aus den Lyckholmer Schichten bis in das Kleinste, und tiefer, an der Basis, bieten die Orthocerenschichten ebenso werthvolle Horizonte. Wir begnügen uns, die einander entsprechenden Schichten in einer Tabelle zusammenzustellen und verweisen bezüglich der wahrscheinlichen Ausdehnung der Meere auf die Karte.

Auf der westlichen Seite des atlantischen Oceans verwischen sich wohl die Einzelheiten der Uebereinstimmung, aber im Grossen ging die Entwickelung der Fauna denselben Schritt. Im Profil von Quebec treten Schichten auf, die den baltischen Orthocerenkalken, besonders auch dem Brandschiefer von Kuckers, gleichgestellt werden können; im Trenton-Kalk erkennt man Züge der Wesenberger Fauna, Lyckholmer Arten erscheinen im Hudson River Kalk, Wenlock-Arten im Niagara-Kalk, die des Upper Ludlow und der oberen Oesel'schen Schichten in der Waterlime Group. Man hat geringen Abänderungen drüben meist andere Namen gegeben, aber wer die Versteinerungen direct oder nach guten Abbildungen vergleicht, wird über viele Identitäten nicht im Zweifel bleiben. Die Verbreitung des Silurs greift in Nordamerika weit über das cambrische Gebiet hinaus; das Meer umspülte die langgestreckte Insel der Appalachischen Region und das Gneissgebiet von Canada, es drang aber auch weit nach Norden vor, bis zum 83° n. Br. und ein grosser Theil des arctischen Archipels lag damals unter seinen Wellen begraben. Inner-Amerika war Meer und auch die Südstaaten waren überschwemmt, und erst weit im Westen stösst man auf die Spuren archäischen Landes, grosser Inseln, welche in ihrer Längserstreckung der Küste des pacifischen Oceans parallel zu verlaufen scheinen. Südamerika bietet umgekehrt das Bild grosser Landentwickelung, ein ähnlicher Coloss wie Afrika, mit dem es eine Masse gebildet haben könnte. Silur ist nur in Bolivien und Argentinien bekannt. Das Silur Boliviens, besonders in der Form Lingula-reicher Schiefer bekannt, liess sich noch nicht genau mit den europäischen oder nordamerikanischen Ablagerungen in Parallele bringen, doch scheint

es den tieferen Horizonten anzugehören. Die wenigen Reste, die man bis jetzt kennt, gestatten auch kein sicheres Urtheil über das Verhältniss zum argentinischen Silur, welches den tiefen Stufen des nordeuropäischen resp. canadischen Orthocerenkalkes entspricht. Von Südamerika aus nach Westen erreichen wir Silurgebiete wieder in Neuseeland, dann in Tasmanien, Neusüdwales, Queensland und Victoria. Auch im malayischen Archipel ist es angetroffen. In Südafrika beginnt die palaeozoische Serie, von versteinerungsleeren uralten Schiefern abgesehen, erst mit dem Devon; nirgends im südatlantischen Küstengebiete ist Silur gefunden, und es ist wahrscheinlich, dass zwischen Afrika und Südamerika damals noch kein Ocean existirte.

Die silurische Fauna. Wer jemals Gelegenheit gehabt hat, die silurischen Gebiete Skandinaviens oder Esthlands zu durchwandern, wird sich des Gegensatzes erinnern, den diese versteinerungsreichen Gesteine gegen das Cambrium bieten. Besonders auffällig tritt dies an dem Glinte Esthlands hervor, wo über einförmigen Sanden und Schiefern, mit denen das Cambrium endigt und über den Zwischenbildungen des Glauconitsandes und -kalkes mit immerhin ärmlicher Fauna die Vaginatenkalke oft aus den Schalen von Mollusken wie zusammengebacken erscheinen. An manchen Stellen, z. B. am Jaggowal'schen Bach, sind die tafelförmigen Schichtflächen in grösserer Erstreckung entblösst. Hier sieht man auf den alten Meeresgrund, der die herabsinkenden Gehäuse der Schwimmer aufnahm, in dessen Schlamm Schnecken, zweischalige Muscheln, Trilobiten und Seelilien lebten und vergingen. Die langen Röhren der Orthoceren liegen wie Wurfspiesse und Lanzen kreuz und quer in der Fläche und man kann danach ermessen, bis zu welchen Dimensionen die den Tintenfischen verwandten Thiere anwuchsen.

Ein Bild der silurischen Fauna zu entwerfen ist der Zweck der nachstehenden Zeilen, welcher nur erreicht werden kann, wenn wir der Uebersichtlichkeit das Eingehen in die sonst so anziehenden Einzelheiten opfern.

Die in den Ceratopygekalken beginnenden neuen Familien der Trilobiten stellen sich plötzlich in Schaaren ein. Illaenus und Asaphus, die wie Igel eingerollt im Kalke liegen, sind rundliche, glatte Formen, während Cheirurus, Acidaspis und Lichas in Wunderlichkeiten der Körperanhänge mit einander wetteifern. Chasmops zeigt uns ein mit vielen kleinen Sechsecken zierlich facettirtes Auge, welches hoch über das Kopfschild hinaustritt, bei einigen Asaphus-Arten wird es von langen Stielen getragen, sodass man sich an die Fühleraugen der Schnecken erinnert fühlt, bei Ampyx, Dionide und anderen ist jede Spur dieses Organs verwischt. Ampyx mit der

stachelartig nach vorn verlängerten Stirn lebte neben Bumastes, dessen Kopfschild eine gleichmässige Rundung zeigt und neben Trinucleus, dessen kragenartig umsäumtes Schild sich nach hinten in lange Hörner fortsetzt. Asaphus wird bis fusslang, manche Acidaspis kaum einen Zoll, die einen haben zwischen Kopf und Schwanz bis zu zwanzig eingeschaltete Rumpfringe, andere nur vier oder fünf. Die prächtige Erhaltung der silurischen Fossilien hat auch über die Organisation dieser wunderlichen Gesellschaft Licht verbreitet, wie früher ausgeführt wurde.

Auffallend wenige untersilurische Trilobiten können als directe Nachkommen cambrischer Arten derselben Gegend aufgefasst werden. Brögger beschrieb einige Fälle aus den Ablagerungen des Christianiagebietes, aber sie sind vereinzelt gegenüber der ruckweisen faunistischen Aenderung, welche nur durch eine Invasion zu erklären ist.

Neben den Trilobiten spielen die Ostracoden oder Schalenkrebse faunistisch wie geologisch eine gewisse Rolle, so Leperditia, deren zweiklappige Schalen meist fest verbunden wie Bohnen im Gestein stecken und durch lebhaften Glanz auffallen, dann Beyrichia, eine kleinere, aber reicher verzierte Gattung, und einige andere in der Abbildung (Fig. 7) zusammengestellte

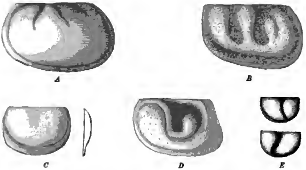


Fig. 7. Kleine Schalenkrebse aus untersilurischen Geschieben.
In 15facher Vergrösserung.
A Kloedenia globosa Krause. *B* Beyrichia marchica Krause. *C* Primitia plana Krause. *D* Bollia V-scripta Krause. *E* Entomis sigma Krause. Rechte und linke Klappe. (Nach A. Krause.)

zierliche Formen. Die Beyrichien erfüllen ganze Schichten des Obersilurs; die Beyrichiengesteine sind unter allen palaeozoischen Geschieben der norddeutschen Ebene (s. Diluvium) weitaus die häufigsten, aber die grossartige Ausräumungsarbeit des Gletschereises hat die anstehenden Lagen bis auf einige Bänke der Insel Oesel völlig zerstört, sodass von diesem Gestein mehr in der

Fremde als in der skandinavisch-baltischen Heimath zu finden ist. Auch die Leperditia-Arten sind für bestimmte Horizonte des Obersilurs treffliche Leitfossilien.

Eine höchst wunderliche Abtheilung der Crustaceen bilden jene riesigen Kruster der obersilurischen Schichten, Pterygotus und Eurypterus, die mit Bezug von Haeckel als Gigantostraca in eine besondere Gruppe zusammengefasst wurden. Es giebt lebende Brachyuren, Krabben, welche durch ihre verlängerten, spinnenartigen Beine einen noch grösseren Eindruck machen, aber bei Pterygotus misst der plumpe Körper allein 1 Meter in der Länge, Dimensionen, die kein lebender Kruster erreicht. Ueber ihre verwandtschaftlichen Beziehungen sind die Acten noch keineswegs geschlossen und immer wieder tauchen neue, z. Th. recht abenteuerliche Hypothesen auf (hat man doch sogar eine Anknüpfung bei den Arachniden gesucht!), aber am richtigsten scheint es, sie, wie Fr. Schmidt befürwortet, in der Nähe der Molukkenkrebse, der Limuliden unterzubringen. Statt des langen Schwanzstachels dieser Thiere finden wir freilich ein gegliedertes Abdomen von 6 Gliedern, das in einen kurzen Stachel oder in eine Ruderflosse endigt, auch ist Rumpf und Abdomen stets aus beweglichen Segmenten zusammengesetzt, der Kopf relativ klein, eine Dreitheilung nach der Längsaxe kaum angedeutet, während im Gegensatz zu diesem anscheinend primitiveren Verhalten die Füsse viel

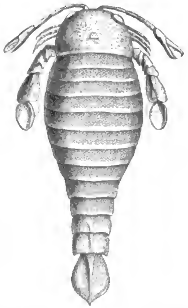


Fig. 8. Pterygotus anglicus Agassiz.
Aus dem Old red von Forfarshire. Stark verkleinert. (Nach Woodward.)

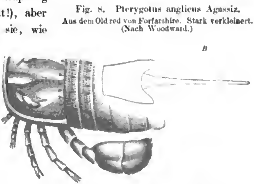


Fig. 9. Eurypterus remipes De Kay.
B Endstück des Schwanzes. Aus dem Obersilur von Buffalo, New-York (Waterlime Group). Stark verkleinert. (Nach Nieszkowski.)

mehr differenzirt sind, aber trotzdem existiren gerade in der Bildung des Kopfschildes, der Umbildung der Antennen zu einem scheerentragenden Fusspaare und der Hüftglieder der 5 vorderen Fusspaare zu Kauwerkzeugen zweifellose und wichtige Homologien, die beide Gruppen gemeinsam von allen anderen Krustern unterscheiden. Immerhin handelt es sich nicht um eine unmittelbar genetische Verknüpfung, denn auch die Xiphosura, zu denen Limulus gehört, haben ihre silurischen Vertreter, allerdings erst im Obersilur, in den Hemiaspiden. Bekannt ist die Entwickelung von Limulus, die abweichend von allen Crustaceen verläuft und mehrere Metamorphosen, aber kein Nauplius- oder Zoea-Stadium passirt. Aehnlich wie der Embryo die Eihülle verlässt, im sog. „Trilobiten-Stadium", sind auch die Hemiaspiden gebildet; das Kopfschild ist deutlich dreitheilig und weist häufig auch eine Gesichtsnaht auf, welche ein wulstiges Mittelfeld von den Wangen trennt, der Rumpf ist aus freien Segmenten gebildet und einrollbar. Auch die Rumpfsegmente sind deutlich dreitheilig und bis auf den Schwanzstachel erinnern diese Kruster ausserordentlich an die Trilobiten. Eine verwandtschaftliche Beziehung liegt auch jedenfalls zu Grunde und so wird man wohl annehmen können, dass sowohl die Xiphosura wie die Gigantostraca aus den Trilobiten oder trilobitenähnlichen Thieren hervorgegangen sind, wobei als wichtigste Differenzirung die Umbildung der Thoracalbeine zu Blattfüssen resp. die Rückbildung der hinteren Füsse zu gelten hat. Auch der Mangel des Hypostoma (wofür ein „Metastoma" eintritt) und die Ausbildung punktförmiger Ocellen im Mittelfelde des Kopfschildes sind auffallende Unterschiede, die sich nur nach langer Trennung der beiden Stämme einstellen konnten. Zu allen diesen Beziehungen, welche zwischen äusserlich so abweichenden Gruppen herrschen, gesellen sich noch die zu den Arachnoideen, welche allerdings stark überschätzt sind und gegenüber so vielen, allein Crustaceen zukommenden Merkmalen (Gliederung des Körpers, Kiemen u. s. w.) nicht zu schwer ins Gewicht fallen. Es ist vielleicht gegenüber den Versuchen, die Entstehung der Trilobiten und Merostomata auf das Land zu verlegen, gut zu betonen, dass erstens die Trilobiten nicht als Tiefseethiere auftreten, also auch nicht eine Anpassung hinter sich haben, die ihren Merkmalen gleichsam das Ursprüngliche nimmt, sondern als normale Küstenbewohner, dass zweitens das Oldred keine Süsswasserbildung ist, sondern in einem oder mehreren zwar eingeschlossenen,



Fig. 10. Neolimulus falcatus H. Woodward.
Ein Hemiaspide aus dem Obersilur von Lanarkshire. Verkleinert. (Nach F. Roemer.)

aber doch echt marinen Becken entstand, wobei, wie in Russland, das Meereswasser selbst einen hohen Grad der Concentration erreichen und Salz und Gyps sich niederschlagen konnte. Geologische Unterstützung findet also die von Simroth ausgesprochene Meinung, dass die Entwickelungsrichtung seiner „Arachnocariden“ auf das Festland zurückweist, und dass die ältesten Eurypteriden (Utica-Shales, Etage D in Böhmen) aus Binnengewässern ins Meer zurückgewandert seien, nicht.

Dass schon im Untersilur die merkwürdige Ordnung der Rankenfüssler (Cirripedia) gefunden wird, kann ebenfalls als indirecter Beweis für eine lange, im Meere sich abspielende Vorgeschichte der Crustaceen angesehen werden, denn die weitgehende Rückbildung dieser im Alter festsitzenden, mit dem Kopfende auf der Unterlage festgewachsenen, hermaphroditischen und in allen Sinnesorganen verkümmerten Thiere kann sich nur in sehr grossen Zeiträumen vollzogen haben, während die relativ hochorganisirten Larven (Nauplius) beweisen, dass die freischwimmenden Vorfahren marine, den Ostracoden verwandte Geschöpfe waren. Aber in welchen Tiefen der Schichtendecke sollen wir diese vermuthen, wenn schon im Untersilur so reducirte Formen wie Plumulites, im Obersilur gar die noch lebende, den Entenmuscheln nahe stehende Gattung Pollicipes (Fig. 11) vorhanden sind?

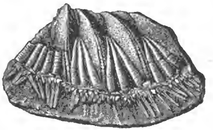


Fig. 11. Pollicipes signatus, ein echter Cirripedier aus dem Obersilur von Gotland, vergrössert. (Nach Aurivillius.)

Die Cephalopoden, welche im Untersilur plötzlich in grosser Zahl und Formenfülle erscheinen, müssen Einwanderer sein, welche ihre Entwickelung anderwärts durchgemacht haben und nicht in genetischer Beziehung zu den wenigen unscheinbaren Arten der älteren Schichten stehen. Sie lebten als pelagische Schwimmer auf der hohen See und folgten dieser, als sie über Europa, über die Continente vordrang. Wären Calciferous Sandstone und Quebec Group in Canada wirklich so alt, als sie ausgegeben wurden, so könnte man dort die Stammformen unserer Cephalopoden vermuthen, aber es sprechen palaeontologische Thatsachen dafür, dass der Calciferous Sandstone nicht älter als der Vaginatenkalk ist, während die Quebec Group noch viel höher zu liegen kommt.

Sämmtliche Cephalopoden des Untersilurs lassen sich nach den Eigen-

schaften der Gehäuse mit dem lebenden Nautilus und nur mit diesem von allen jetzigen Kopffüsslern vergleichen. Wäre dieser Ueberrest einer älteren Thierwelt nicht mehr, so würde uns ein wichtiger Anhalt für eine richtige Deutung fehlen. Das Thier von Nautilus ist im Allgemeinen einem Tintenfische ähnlich, jedoch besitzt es 4 Kiemen an Stelle des einen Paars der Tintenfische, auch weicht die Zahl und Grösse der den Mund umstellenden Tentakel ab. Seine Lebensweise schildert schon Rumph. Weitere und für den Palaeontologen wichtigere Unterschiede bietet die Schale. Sepia und ähnliche haben bekanntlich einen harten, blattförmigen Schulp, der von Weichtheilen umschlossen ist, also das Thier innerlich stützt. Octopus bildet gar keine Skeletttheile aus, bei Argonauta ist es nur das Weibchen, das sich eine papierdünne Hülle verfertigt, die es beliebig verlassen kann. Anders bei Nautilus. Hier baut das Thier fortwährend an seiner Schale, rückt stets weiter nach vorn und schliesst die verlassenen Theile jedesmal durch eine Scheidewand ab. Es bleibt aber selbst mit der ältesten Kammer noch in Verbindung, indem eine strangartige Ausstülpung des Körpers alle Kammerwände durchsetzt und sich an der letzten anheftet. Von jeder Kammerwand begleitet eine dütenförmige Kalkscheide diesen häutigen Strang (Sipho) eine Strecke nach hinten. Die grosse, nach vorn offene Kammer bewohnt das Thier, die anderen, Luftkammern genannt, dienen als hydrostatischer Apparat.

Bei dem lebenden Nautilus pompilio bildet das Gehäuse eine geschlossene Spirale, während die silurischen Vorläufer eine hohe Mannichfaltigkeit zeigen, und zwischen der Form eines geraden Stabes und der Spirale noch viele Zwischen- und Nebenformen sich einschalten.

Die wichtigste Abtheilung sind die gerade gestreckten Gehäuse oder Orthoceras, bei denen aber auch nicht selten eine leichte Krümmung angedeutet ist. Die nach vorn concaven Scheidewände folgen sich wie die Uhrgläser in grösserer oder geringerer Entfernung und treten zu dem Sipho in sehr verschiedene Beziehung. Bei einigen werden die Kammerwände fast in der Mitte von einem engen Sipho durchbohrt, der ganz von Kalk umhüllt war (Orthoceras regulare), bei anderen schwillt der Sipho zwischen den dicht gedrängten Kammerwänden kugelig an, wird zu einem sog. Perlschnursipho (Orthoceras cochleatum) und bei einer dritten Gruppe ist er ausserordentlich weit, übertrifft zuweilen die Hälfte des ganzen Schalendurchmessers und wird von den dütenförmig in einander steckenden Manschetten der Kammerwände umgeben (O. vaginatum). Aussen ist die Kalkschale bald der Länge nach gestreift, bald geringelt oder mit wellenförmigen Runzeln bedeckt. Die Gruppe des Orthoceras vaginatum ist vor allen anderen hervorzuheben, weil sie nicht

allein die häufigsten Fossilien des sog. Vaginatenkalks liefert, sondern auch überall wiederkehrt, wo diese Abtheilung des Untersilurs entwickelt ist.

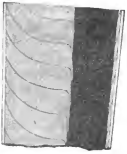


Fig. 12. Orthoceras duplex Wahlenberg.
Aus dem russischen Untersilur. Längsschnitt eines Bruchstückes, um die Grösse des Sipho zu zeigen. (Nach F. Roemer.)



Fig. 13. Orthoceras vaginatum Schlotheim.
Aus dem russischen Untersilur. Ein Bruchstück mit der nach rückwärts gewendeten Siphonaldute und Resten der Schale. (Nach Roemer.)

Man kann sich schwer eine Vorstellung machen, wie diese sonderbaren Thiere mit dieser Röhre im Leben durchkamen. Manche Orthocerengehäuse erreichten eine Länge von acht und mehr Fuss, wovon vielleicht sechs Fuss auf den gekammerten, hohlen und ziemlich zerbrechlichen Theil kommen. Rechnen wir auf die Wohnkammer zwei Fuss und übertragen die Grössenverhältnisse des lebenden Nautilus mit einer sechsmal kleineren Wohnkammer auf diese Thiere, so müssen wir auf Einwohner schliessen, welche eine ausserordentliche Kraft entfalten konnten und wahrscheinlich gefährliche Räuber waren. Der lebende Nautilus und alle Cephalopoden schwimmen bekanntlich nach rückwärts, indem sie durch ein unter dem Halse befindliches Organ, den sog. Trichter, das eingeschluckte Wasser heftig herauspressen und durch den Gegenstoss des Wassers nach rückwärts geschnellt werden. Bei Orthoceras war die lange, gerade Schale in der That wie eine Lanze eingelegt, und man kann sich, falls diese Thiere nicht der Gepflogenheit aller lebenden Cephalopoden zuwider im Schlamme staken, ihr Leben nur in tiefer und offener, durch keine Klippen eingeengter See vorstellen, wo ihrem pfeilschnellen Fluge sich kein Hinderniss entgegen stellte, an dem sie hätten zerschellen können. Vielleicht benutzten sie auch die Arme zum Kriechen, den Kopf nach unten geneigt (Kopffüssler) und die lange Schale nachschleppend.

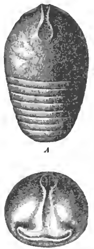
Bei Lituites rollt sich die Schale anfänglich als enge Spirale auf, während die Schlusswindung weiter abstrebt und bei der Gruppe des Lituites lituus

einen geraden cylindrischen Theil bildet, welcher die kleine Spirale weit überwiegt (Fig. 14). Da die Gehäuse nur selten unversehrt erhalten sind, kannte man



Fig. 14. Lituites lituus Montfort.
Aus einem untersilurischen Geschiebe, in $^1/_2$ nat. Gr. (Nach Lossen.)

lange Zeit nur beide Theile gesondert und beschrieb sie auch als verschiedene Thiere, bis Beyrich den Zusammenhang nachwies. Bei Gyroceras beschreibt die Schale eine einfache, regelmässige Spirale; beim lebenden Nautilus wiederholt sich diese Schalenform ontogenetisch, indem die ältesten Umgänge einem kleinen Gyroceras gleichen, während sich später die Umgänge enger aneinander schliessen und umfassen.



A

B

Fig. 15. Gomphoceras bohemicum Barrande. Aus dem böhmischen Obersilur. (Nach F. Roemer.) A Ansicht von der Seite, B von oben, um die T-förmige Mündung der Wohnkammer zu zeigen. (Nach Barrande.)

Von den schmucklosen, stabförmigen Orthoceren mit ihren complicirten Siphonalröhren, von den elegant gebogenen Lituiten, den zwischen beiden stehenden, hüffelhornähnlichen Cyrtoceren, dem in Schneckenspirale aus der Ebene herausgewundenen Trochoceras schweift unsere Betrachtung zu den wunderlichen Gestalten, welche Ascoceras genannt sind. Am häufigsten werden sie erst im Obersilur, und Schichten dieses Alters auf der Insel Gothland lieferten Lindström das Material zu seiner interessanten Arbeit über die Organisation der Schale. Ganz ähnliche, zum Theil identische Arten beschrieb Barrande aus dem Silurkalke Böhmens, doch kennt man die Gattung auch aus dem Untersilur mehrerer Gegenden.

Ein Blick auf die verbreiteten Abbildungen aus der formenreichen Gruppe zeigt eine merkwürdige Verschiedenheit der sogenannten Mündung der Wohnkammer, aus welcher das lebende Thier herausschaute. Bei Orthoceras und Cyrtoceras endigt die Wohnkammer nach vorn weit geöffnet, bei Lituites ist sie etwas verengt, jederseits mit zwei langen, ohrenförmigen Fortsätzen versehen, aber das Auffallendste bieten die Gattungen, deren Mündung zu einem meist T-förmigen Spalt zusammengezogen ist (Fig. 15). Nach Barrande deutet der hintere, etwas erweiterte Theil der in der Richtung der Höhe verlaufenden Spalte die Lage des Trichters an, während die Querspalte für Kopf

und Tentakel bestimmt war. Diese ältesten Nautiliden waren daher, das ist ein unumgänglicher Schluss aus dieser Thatsache, anders organisirt, als der lebende Nautilus, der seinen Kopf und die hochentwickelten Augen weit aus der Schale herausstecken kann, was bei derartig verengter Mündung dem Thiere unmöglich wäre. Dann müssen wir dieses aber auch für die silurischen Gattungen mit nicht verengter Mündung voraussetzen, da beide Typen in so naher Beziehung zu einander stehen, dass man sogar die Frage aufgeworfen hat, ob der ganze Unterschied nicht blos ein geschlechtlicher sei.

Für Orthoceras existirt die correspondirende Gattung Gomphoceras, für Lituites Ophidioceras, für Cyrtoceras Phragmoceras, um nur einige Beispiele herauszugreifen. Hätte man in ihnen die andere Geschlechtsform zu sehen, so erhebt sich eine neue Schwierigkeit in der erheblich geringeren Artenzahl, die man nicht wohl auf Zufall im Aufsammeln zurückführen kann, da sie in den bestdurchforschten Gegenden und in denselben Kalken gefunden werden, welche die Fülle der anderen Formen umschliesst. Entweder waren die silurischen Nautiliden in Bezug auf die wichtigsten Körpertheile so veränderlich, dass alle die verschiedenen Typen der Schalenmündung auch auf andere Ausbildung des Kopfes und seiner Anhänge hinweisen, oder aber, und das ist wahrscheinlicher, der Kopf war allgemein schärfer vom Rumpfe geschieden, als bei Nautilus, und befand sich bei Gomphoceras, Ophidioceras u. s. w ausserhalb der verengerten Mündung, konnte also auch (des Kopfknorpels wegen) nicht ganz in die Schale zurückgezogen werden.

Sorgfältige Untersuchungen über die zuerst gebildeten Theile der Nautilidenschalen, die von Barrande, Hyatt, Branco und Holm veröffentlicht sind, lassen über die individuelle Entwickelung dieser Thiere interessante Rückschlüsse zu, und da, nach Haeckel, die Ontogenie eine verkürzte Wiederholung der Stammesgeschichte oder Phylogenie ist, so liegt es nahe, aus solchen Daten jene Kapitel zu ergänzen, welche durch palaeontologische Funde nicht direct zu illustriren sind.

Zuerst bildete die freischwimmende Larve, die man sich nach dem Typus der bewimperten sog. Veliger-Larven der meisten Mollusken organisirt denkt, ein mützenartiges Schälchen, eine Protoconcha, die bei vielen Nautiloideen nicht aus kohlensaurem Kalk, sondern aus Conchiolin, einem organischen Stoffe, bestand, so dass sie bei dem Versteinerungsprocess meistens ganz verloren ging und nur eine Narbe an den später gebildeten Theilen der Schale hinterliess. Immerhin kennt man einige Beispiele von Orthoceren, wo sich diese Protoconcha in Gestalt eines zusammengesunkenen, zerknitterten und gefalteten, aber an sich glatten Beutels erhalten hat. Auf dieses noch

embryonische Stadium folgen einige andere, die allmählich zu dem ephebolischen oder erwachsenen überleiten. Von dem Rande der Protoconcha aus bildete sich eine viel weitere, kegelförmige und kalkige Fortsetzung der Schale für das heranwachsende Thier, welches die Protoconcha schliesslich verliess und die Oeffnung gegen diese mit einer Scheitelplatte verschloss, deren Stelle man von aussen, wenn die Protoconcha abgefallen ist, an einer Warze erkennt.

Sind Thiere und Schale zu einer gewissen Grösse herangewachsen, so zieht sich der Körper wieder weiter nach vorn, verlässt also seine erste Wohnkammer und schliesst sich gegen sie durch eine Scheidewand ab, die aber eine weite, nach rückwärts gerichtete Ausstülpung in die erste Kammer hineinsendet. Nunmehr folgt Zug um Zug und in regelmässigen Perioden die Anlage neuer Wohnkammern und Räumung der alten, welche stets durch ein Septum verschlossen werden. An die Ausstülpung der ersten Kammerwand knüpft aber nunmehr ein offener Strang an, der als Siphonalröhre alle Septa durchbohrt.

Auffallende Verhältnisse, die zugleich über die Bedeutung des Sipho werthvolle Fingerzeige geben, fand Holm bei den vaginaten Orthoceren des Untersilurs, die heute als besondere Gattung Endoceras, ja selbst als Vertreter einer besonderen Familie aufgefasst werden. Wir sagten oben, dass das erste Septum (welches als solches die Rückwand der zweiten Kammer bildet) mit einer blindsackartigen Verlängerung in die erste Kammer hineinragt, ohne aber deren Rückwand zu berühren. Bei Endoceras ist dieser Blindsack, der erste Anfang des Siphonalstranges, ganz ausserordentlich angeschwollen und füllt den hinteren Theil der ersten Kammer vollständig aus; er umfasste also anfänglich offenbar den ganzen Eingeweidesack. Als das Thier wuchs und in der mitwachsenden Schale sich nach vorne schob, blieb der Visceralsack auch hinten festgeheftet, wurde aber natürlich der Hauptsache nach mit nach vorn gezogen, so dass zwischen diesen beiden Theilen eine röhrenförmige Verdünnung eintrat, welche den erstgebildeten Theil dieses Stranges in steter Verbindung mit dem eigentlich functionirenden Eingeweidesacke hielt. Jedesmal wenn das Thier um eine Etappe vorrückte, eine neue Luftkammer angelegt wurde, erfolgte auch eine entsprechende Verlängerung dieses Communicationsrohres, welches bei Endoceras noch auffallend weit blieb und wenigstens zum Theil noch als Eingeweidesack functionirte. Seine Begrenzung bilden hier zunächst die nach rückwärts gerichteten Ausstülpungen der Septa, die Siphonaltrichter, die so lang sind, dass sie sich ineinander schieben; ihrer Substanz nach sind sie identisch mit den Septen; an ihren Hinterrand knüpfen sich aber nach hinten spitzig verlängerte Hohlkegel von

mehr erdiger, körniger Substanz, die im Siphonalrohr selbst noch eine weitere Gliederung hervorbringen und unter einander nur mit einem dünnen Centralrohr, dem Endosipho, communiciren. Man sieht also, dass auch bei Endoceras der Visceralsack nicht in der ganzen Länge und Breite, die der Sipho anzugeben scheint, nach hinten reicht, sondern dass auch hier Schritt für Schritt der volle Zusammenhang mit dem Initialraum aufgegeben und durch eine dünne Röhre ersetzt wird. Nur der letztgebildete Siphonalkegel ist als functionell bedeutender Anhang des Visceralsackes denkbar. Diese Kammerung des Sipho fehlt den späteren Orthoceren, auch bilden die nach hinten gerichteten Ausstülpungen der Septa nur kurze Hülsen oder Kragen, die nicht mehr bis zum vorhergehenden Septum zurückreichen. Der Sipho ist von einem continuirlichem Rohr von körniger Beschaffenheit umgeben, welches einer einzigen, aber sehr lang gestreckten Siphonaldute des Endoceras, resp. dessen Endosipho zu vergleichen ist. Das stark angeschwollene Initialende des Sipho sucht man bei diesen jüngeren Formen vergebens, es ist durch abgekürzte Entwickelung aus der Ontogenie herausgedrängt.

Hyatt construirt den folgenden Verlauf der Phylogenese. Zuerst ein Stadium, in welchem die Thiere characteristische Eigenschaften der bekannten Veligerlarven zeigten. Diese bewimperten Schwimmer trugen nur eine Protoconchaschale. Aus ihnen entstanden neue Formen, die sich eine grosse, kegelförmige Schale bauten, die sie ganz erfüllten und in der von einem abgeschnürten Sipho nichts zu bemerken ist. Dies Stadium nennt er die Asiphonula und vergleicht es mit jungen Pteropoden[1]) oder auch den Scaphopoden (Dentalium), die nach Brooks in mehreren wichtigen Punkten die Organisation der Veligerlarven im erwachsenen Zustande beibehalten. Dann folgt als vorgeschrittenere phyletische Entwickelungsstufe die Caecosiphonula, in der Ontogenese durch die zweite Wohnkammer mit dem blindsackförmig ausgestülpten Septum repräsentirt. Diese Thiere besassen eine Reihe solcher Kammern und die Ausstülpungen der Scheidewände endigten entweder stets blind oder blieben wie bei Endoceras durch einen Centralstrang in Verbindung. Dann entstanden Thiere, deren Kammerwände schon wie bei Nautilus u. s. w. gebaut waren. Aber der Sipho war grösser und besass eine Verlängerung, die bis in das primitive Initialende reicht. Ein Theil derselben wurde von der Ausstülpung der Kammerwand, der Rest dagegen von porös-körniger Materie gebildet und ist daher den Hohlkegeln der Endoceraten zu vergleichen. Diese Macro-

1) Dabei ist allerdings die Beziehung auf Tentaculites zu vermeiden, da diese als tubicole Würmer erkannt sind.

siphonula geht durch Contraction der Siphonalröhre, Verkürzung der Siphonaltrichter und Verlängerung des Hohlkegels in die Gestalt einer einfach cylindrischen Röhre in die Microsiphonula über, die für die meisten Nautiliden typische Entwickelungsstufe.

Wann diese Veligeriniden und Asiphonophora, die zugleich als ancestrale Typen für Scaphopoden und Pteropoden gelten, gelebt haben, ist unbekannt. Selbst die Caecophora müssen wir in sehr entlegene Zeiten zurückversetzen und von den eigentlichen Cephalopoden getrennt halten. Die Macrosiphonophora sind dagegen noch in den untersilurischen Endoceren repräsentirt. Später wurde in der ontogenetischen Entwickelung das Stadium der Macrosiphonula auf die früheste Jugend beschränkt und die Stadien der Asiphonula und Protoconcha in eins zusammengezogen, wie die embryologischen Verhältnisse der späteren Nautiliden und vor allem der von microsiphonalen Nautilen abgezweigten Ammonitidier lehren.

Mit den Vaginatenkalken und ihnen entsprechenden oder wenig älteren Schichten stellen sich auch Meeresschnecken in grösserer Menge ein. Wenn man berücksichtigt, dass aus dem Cambrium nur erst ganz vereinzelte Arten wenig characteristischer Typen bekannt geworden sind, so lässt sich auch hier ein gewisser Sprung der Entwickelung nicht verkennen. Wird man dereinst im Cambrium eine diesen silurischen Schichten entsprechende Faciesbildung finden, so dürfte sich diese Lücke füllen, vorläufig aber besteht sie. Die Differenzirung der Familien ist weit vorgeschritten; auch wenn wir die bei den Pteropoden untergebrachten Conularien und Hyolithen an dieser Stelle nicht mitrechnen, kommen doch Angehörige sehr verschiedener Entwickelungscomplexe hier zusammen, und neben solchen, die nach ihrer Organisation (soweit sich diese nach zoologischen Kriterien erschliessen lässt) vorauszusetzen waren, stehen andere weit abweichender Gestaltung, die vorläufig gar nicht im Systeme der Gegenwart unterzubringen sind.

Unter diesen ältesten Silurschnecken gehören die Pleurotomarien zu den häufigsten und wichtigsten; die wenigen lebenden Vertreter gelten den Zoologen in mancher Beziehung als Ausgangspunkt für die morphologische Entwickelung der Prosobranchier, der Kerngruppe aller Gastropoden. Quercommissuren zwischen den primären Fussnerven („Strickleitern"), wie sie Chiton und Neomenia aufweisen, fand Lacaze-Duthiers bei Haliotis, dem lebenden „Seeohr"; v. Ihering wies sie bei Fissurella nach, welche in Verkürzung der primären Fussnerven den Uebergang zu den anderen Formen bildet, bei denen durch noch weitere Zusammenziehung daraus die Pedalganglien hervorgegangen sind. Ein anderes Merkmal von grosser Tragweite ist das Vorhandensein zweier

zweifiedriger Kiemen, links und rechts gestellt, wegen dessen die lebenden Arten als Zeugobranchier ausgezeichnet werden. Das dritte Hauptmerkmal ist das vom Mastdarm durchbohrte Herz, dem seitlich zwei Vorhöfe ansitzen. Auch die Trochiden (Kreiselschnecken) sind Diotocardier, aber ihnen fehlt schon die symmetrische, freie Ausbildung der Kiemen. In den meisten Fällen ist die linke Kieme zu einer Pseudobranchie (Sinnesorgan von zweifelhafter Bedeutung) umgewandelt, dabei aber zweifiedrig geblieben, die andere, ursprünglich rechte, nach links translocirt, wobei sie derartig mit der Decke der Kiemenhöhle verwächst, dass sie einfiedrig wird. Auch wenn diese Kieme ganz links neben der Pseudobranchie liegt, kommt ihr Kiemennerv doch von rechts. Zur Deutung dieser und anderer Modificationen der „Anisobranchier" muss man stets auf die bei den Zeugobranchiern beobachteten Verhältnisse zurückgreifen, die hierfür den Ausgangspunkt bildeten.

Ein einziges Merkmal des Thieres wird auch für den Palaeontologen kenntlich, der ja nur die petrificirten Aussenschalen zu sehen bekommt. Ein tiefer Schlitz im Mantelrande dort, wo die Kiemenhöhle liegt, giebt Veranlassung zu einer Schalenlücke, die in verschiedenartiger Weise auftreten und durch Absonderungen der Mantelfläche ergänzt werden kann. Indem beim Wachsthum des Thieres die Mantellücke sich vorwärts verlegt, entsteht eine Reihenfolge gleichgestalteter Curven auf der Schalenoberfläche, welche bei einem engen und tiefen Schlitze sich so ineinander schachteln, dass nur die nach hinten liegende Curvenbeuge sich selbständig erhält, während die seit-

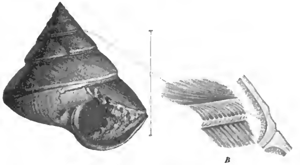


Fig. 16. Pleurotomaria elliptica His.
Aus dem schwedischen Untersilur. *B* zeigt das vergrösserte Schlitzband mit seinen halbmondförmigen Curven. (Nach Lindström.)

lichen Ränder in fortlaufende, parallele Linien verschmelzen. So entsteht das „Schlitzband" (Fig. 16), welches als der wichtigste Character der hierher gehören-

den Schnecken vom conchyliologischen Standpunkte aus zu betrachten ist. In seinen verschiedenen Abänderungen giebt es einen sichern Leitfaden für die Aufdeckung der engeren Verwandtschaftsverhältnisse, obwohl es als Rückwirkung einer rein adaptiven Eigenschaft des Mantelrandes, die vermuthlich wegen ihrer Begünstigung der Athmung gesteigert wurde, nicht ohne weiteres auf den zeugobranchiaten Character des Thieres schliessen lässt, solchen auch fehlen könnte. Bei gewissen Schnecken, die zoologisch weit abstehen (Turritelliden, Cerithiiden), wiederholt es sich in ganz gleicher Beschaffenheit, und wiederum bei den ältesten Raphistomiden und Bellerophontiden ist der Sinus der Aussenlippe so weit und flach, dass aus seiner Ergänzung kein Schlitzband entstehen konnte.

Auf der einen Seite ist es wahrscheinlich, dass den Anfang der Zeugobranchier symmetrisch gebaute Gastropoden mit ganzrandigem Mantel, also ohne Schalenausschnitte, gebildet haben, und andererseits werden sich auch Uebergänge von Schalen mit Schlitzband zu solchen ohne dieses finden, da manche Abzweigungen des alten Stammes das Merkmal allmählich wieder verlieren. Die Beziehungen der Pleurotomariiden zu den Raphistomiden und die Verwandtschaft der geologisch ebenfalls sehr alten, ganzrandigen Trochiden sprechen für das eine, die Entwickelung der Euomphaliden für das andere.

Die erwähnten Raphistomiden gehen den eigentlichen Pleurotomariiden voran und erscheinen z. B. schon im Cambrium von Massachusetts. Sie besitzen nur einen spitzen Einschnitt, welcher kein eigentliches Schlitzband hinterlässt. Die morphologische Reihe, in welcher Raphistoma sich fortsetzt, endigt aber in so unzweifelhaften Pleurotomariiden, dass Lindström die ganze Gattung mit Pleurotomaria verschmilzt. Ich betrachte sie eher als einen Collectivtypus, der mit den Pleurotomariiden gemeinsamen Ursprunges ist und nicht minder mit den Euomphaliden, einer anderen vielgenannten Gruppe palaeozoischer Schnecken, in innige Berührung tritt. Es liegt nahe, für die ältesten Euomphaliden, unter denen wir sogar Gattungen mit Schlitzband treffen, eine den ältesten Pleurotomariiden entsprechende Organisation anzunehmen, und da die Thiere der lebenden Pleurotomariiden offenbar dem alten Typus in wichtigen Zügen noch nahe stehen, sie geradezu als Zeugobranchier zu betrachten. Ihre Nachkommen, z. B. Straparollus, obwohl durch alle Uebergänge mit ihnen verbunden, sind dagegen mit mehr Wahrscheinlichkeit den Anisobranchiern zuzurechnen, da ihnen jede Spur eines Schlitzes fehlt, abhanden gekommen ist. Es ist dies ein Beispiel, wie grosse, in ihren Endgliedern weit getrennte Reihen in der geologischen Vergangenheit sich einander nähern und schliesslich verschmelzen.

Die Gattung Raphistoma enthält eine grosse Anzahl Arten, die in verschiedene Reihen geordnet werden können. Es ist von Interesse, dass ähnliche Entwickelungsreihen, wie im skandinavischen oder esthländischen Silur auch auf der nordamerikanischen Seite des Atlanticums auftreten. Bei der geologisch kurzen Lebensdauer der meisten Arten wird die Parallele mit Amerika von Wichtigkeit für die Auffassung der hier und dort auftretenden Silurschichten.

Eine noch raschere Steigerung des Divergenztriebes entfaltet die Gattung Pleurotomaria, die vom Untersilur an in allen Formationen den Geologen begleitet und erst im Tertiär selten wird. Die Arten streben nach allen Seiten auseinander, so dass die Schwierigkeiten für eine Analyse der verwandtschaftlichen Beziehungen fast unübersteiglich werden. Und dennoch läuft alles wieder in den Typus der Gattung zurück, und nur wenige Geschlechter haben sich im Laufe der langen geologischen Geschichte abgezweigt (Fig. 17). Man sieht, wie Variabilität allein, die hier in so überreichem Maasse entfaltet wird, nicht vermag, die Entwickelung in neue Bahnen zu leiten, sondern dass sie selbst der Führung bedarf; man kann sagen, dass ein Oscilliren von nicht zu weiter Amplitude geradezu der Erhaltung einer Gattung Vorschuh leistet.



Fig. 17. Murchisonia cingulata His.
Aus dem Obersilur von Gothland. Beispiel einer hochgewundenen Pleurotomariiden-Gattung.

Als Verwandte der Pleurotomariiden betrachte ich auch die Bellerophontiden, die vom Cambrium an bis zur Grenze gegen die Trias mit gleichbleibenden Merkmalen die alten Meere belebten. Sie sind völlig symmetrisch, in einer Ebene aufgerollt, und wenn man will, kann man in ihnen, die geologisch so früh auftreten, die symmetrisch gebauten, schwimmenden Vorfahren der Zeugobranchier vermuthen.

Ich halte die Schale für dasjenige Merkmal, welches der ganzen Classe den ihr eigenen Stempel aufgedrückt hat und dessen Nachwirkungen selbst noch den Körperbau der unbeschalten Schnecken beherrschen. Sobald ein Gastropode von der freischwimmenden Lebensweise, bei welcher die Schale im Gleichgewicht, nach unten hangend, getragen werden kann, zu einer kriechenden übergeht, wird es ihm auf die Dauer unmöglich sein, selbst die primitive Calotte gleichmässig zu balanciren; dieselbe wird nach und nach einseitig gestellt und übt nun bei allen Bewegungen einen Zug aus, womit

die Grundbedingung zur Entstehung der Spiralform und zwar der Schraubenspirale gegeben ist. Bis auf das mehr oder weniger selbständig bleibende Bewegungswerkzeug, den Fuss, vermag keins der übrigen Organe sich diesem Drehungsmomente zu entziehen, und es resultirt jene allmähliche Asymmetrie, welche bis in das innerste Leben des Thieres eingreift.

Die Abzweigung der asymmetrischen Pleurotomariiden von ihren symmetrischen Vorfahren reicht jedenfalls sehr weit zurück, da Raphistoma schon im Cambrium sich einstellt, und das Untersilur schon echte Pleurotomarien beherbergt. Die Bellerophontiden sterben im Allgemeinen als symmetrische Thiere aus und in den Schalen nur sehr weniger, geologisch jüngerer Formen bekundet sich eine geringe Neigung zu einseitig stärkerer Ausbildung der immer noch in einer Ebene gewundenen Umgänge. Eigentliche Uebergänge fehlen also.

An Raphistoma, die generalisirten Mantelspalt-Schnecken, lassen sich auch die ältesten Euomphaliden so ungezwungen anreihen, dass man sie in diesem Stadium von den zeugobranchiaten Schnecken nicht weit entfernen darf. Bald aber treten mit ihnen durch alle möglichen Uebergänge verkettete Formen auf, die wohl schon Anisobranchier sind. Die Metamorphose des Mündungsschlitzes, welcher zu der Kiemenhöhle leitet und sowohl dem Eintritt des Wassers wie der Ausfuhr der Auswurfsstoffe dient, resp. des Schlitzbandes in einen weiteren Sinus, dann in eine schwache Ausbuchtung, endlich sein völliges Verschwinden liefert für diese Hypothese die nöthigen Anhaltspunkte. Solche Euomphaliden mit gerundeten Umgängen und undeutlicher oder fehlender Ausbildung der Mündung sind, was sehr beachtenswerth ist, zu verschiedenen geologischen Zeiten, also mehrmals, entstanden; hier herrschen deutlich horizontale Verkettungen oder Veränderungen in sehr kurzen geologischen Zeiträumen.

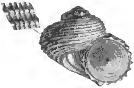


Fig. 18. Polytropis globosa Schloth. sp.
Aus dem Obersilur von Gothland. Mit erhaltenem Deckel. (Nach Lindström.)

Die Trochiden, in Unter- und Obersilur reichlich gefunden (Fig. 18), theilen wichtige zoologische Merkmale mit den Zeugobranchiern, aber die Abzweigung ist in Zeiten zu verlegen, von denen wir keine Ueberlieferung haben. Mir erscheint es nach der gegenwärtigen Erfahrung wahrscheinlich, dass aus einer Gruppe von Gastropoden, welche in vielen Beziehungen den lebenden Fissurellen glich, aber noch tiefer stand, noch allgemeiner in ihren Merkmalen war, sich fast gleichzeitig die eigentlichen Zeugobranchiaten (Pleurotomaria u. a.), Euomphaliden und Turbiniden entwickelten, ohne dass

eine eigentliche Stufenfolge von Abzweigungen vorliegt. Auch die Vorfahren der gegenwärtig weit verbreiteten Littoriniden (Fig. 19) werden sich sehr frühe von den Trochiden abgezweigt haben, theils durch Reduction einzelner Organe (sie sind Monotocardier und haben nur eine, linksgelegene und festgewachsene Kieme), theils durch Ausbildung neuer Eigenschaften, wie der contractilen Schnauze, der Zungenbewaffnung u. s. w. Die vielfache Zerspaltung der Littoriniden fällt aber in jüngere Zeiten. Mit den untersilurischen Loxonemen beginnt noch ein anderer Stamm, der sich später bedeutender aus der Menge der palaeozoischen Gastropoden heraushebt, dessen Verzweigungen aber erst in der mesozoischen Zeit ihre Hauptentfaltung erlangen. Fort und fort gehen neue Formen aus ihnen hervor, aber auch die älteren und die Zwischenglieder sterben nur sehr langsam aus, so dass wir selbst noch in der oberen Trias ein Zusammenleben mit Typen finden, denen wir seit dem Silur und Devon zu begegnen gewohnt sind. Die echten Loxonemen sind thurmförmige Schnecken mit tiefen Nähten und Anwachsstreifen, welche die ausgebuchtete Gestalt der Aussenlippe wiederholen; ein Ausguss der Mündung ist meist deutlich. Sie neigen sehr zum Variiren, und das Schwankende in der Gestaltung macht ihr Studium ebenso interessant wie mühevoll. Es scheint, dass die gegenwärtig weit getrennten Gruppen der Toxoglossa, Rhachiglossa und siphonostomen Taenioglossa, also die bedeutendsten Abtheilungen der neueren Meeresschnecken, mit den Pyramidelliden und selbst mit den beschalten Opisthobranchiern (den Tectibranchia) zu einem grossen Tribus zusammenlaufen, der in den Loxonematiden wurzelt. Entwickelungsgeschichtlich wichtig ist auch das Auftreten der Mützenschnecken, deren Schale das Resultat der Anpassung an festsitzende Lebensweise ist, schon nachweislich tief im Silur (vielleicht auch im Untercambrium), und zwar theilweise mit Formen, die wenig von den später bekannten abweichen. Die Gestalt ist aber noch weniger fixirt und manche Arten durchlaufen in ihren Varietäten fast alle Stadien zwischen der echten, spiral gerollten Schneckengestalt und dem Kegel (Fig. 20). Da man nun annehmen muss, dass die Gestalt des heutigen Capulidenthieres in vieler Beziehung unter dem Zwange der Anpassung sich herausgebildet hat und manche Organe nicht so sein würden, wie sie eben sind, wenn nicht das Thier sessil geworden wäre, so liegt es nahe, anzunehmen, dass diese Gestalt des Thieres noch nicht vollendet war, so lange selbst innerhalb der Art so beträchtliche Schwankungen der Gehäusegestalt

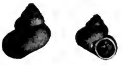


Fig. 19. Cyclonema striatum Hall.
Aus dem Obersilur von Gothland. (Nach Lindström.)

vorkamen, wie bei Platyceras cornutum. Denn auch die Entwickelung der Spiralenform ist ein Gradmesser für die Anpassung. Im Allgemeinen mehren

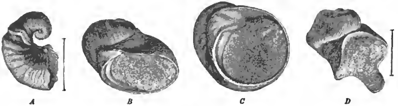


Fig. 20. Platyceras cornutum His. sp.
Aus dem Obersilur von Gothland. *A* mit frei gewundenen, *B* und *C* mit eng aneinander geschlossenen Umgängen, *D* mit gelappter, nach der Unterlage geformter Mündung. (Nach Lindström.)

sich die geraden Orthonychien erst in nachsilurischer Zeit und erreichen ihr Maximum im Unterdevon (Fig. 21) („Capulien“ Barrois); die Tendenz der ganzen Familie wird dabei unterstützt oder gehemmt durch die Art des Meeresgrundes, denn solange die Thiere noch nicht an sitzende Lebensweise g e b u n d e n waren, konnte eine Begünstigung freier Bewegung immer wieder ein Aufblühen spiral gewundener Formen, reichere Gelegenheit, sich fest anzusiedeln (Korallen oder Crinoidenfacies), ein Vorwalten der geraden bis napfförmigen Arten hervorrufen. So bieten die alten Capuliden das Bild einer noch gewissermassen unfertigen, schwankenden, dem Wechsel der Lebensbedingungen leicht nachgebenden Gruppe, deren weitere Theilung in Gattungen aus diesem Grunde auch sehr schwer ist. Abgesehen von diesem Entwickelungsgange der eigentlichen, sitzenden Capuliden sind aber auch Nebenreihen vorhanden, bei denen die Bewahrung freier Ortsbewegung der Reduction und einseitigen Anpassung der Schalenform entgegenstand. Solche zweigten sich sowohl aus der gemeinsamen Wurzel aller Capuliden ab und wurden in diesem Falle frühe selbständig, als auch in späteren Zeiten, wo den weniger specialisirten Capuliden Gelegenheit gegeben wurde, sich wieder zu grösserer Freiheit herauszuarbeiten. Liesse sich nachweisen, dass, wie ich vermuthe, die Gattung Naticopsis (typisch erst im Devon bekannt) mit den Capuliden zusammenhängt, so verknüpfen sich mit ihnen indirect auch die Neritiden, die mit Naticopsis offenbar zusammenhängen. Die lebenden Capuliden und Neritaceen sind zoologisch, wie man sagen möchte, fundamental getrennt, und

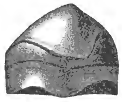


Fig. 21. Platyceras Protei Oehlert (Steinkern).
Aus dem Unterdevon des Departement Manche. Das Exemplar zeigt den für Capulus characteristischen, hufeisenförmigen Muskeleindruck.

da die Neriten weitaus die alterthümlicheren Charactere bieten, ja im Verhalten des Nervensystems ganz merkwürdig einfache Anlagen zeigen, so kann man hieraus nur schliessen, dass die unbekannten Thiere der silurischen Capuliden ihnen zoologisch wahrscheinlich näher standen, als den lebenden, stark adaptirten Capuliden, welche durch Convergenz der Entwickelung im System mit den genetisch scharf abzutrennenden Turritelliden, Chemnitzien u. s. w. zusammengestellt werden. Man muss sich übrigens hüten, die kegel- oder mützenförmigen Arten der Capuliden mit den Napfschnecken (Patelliden, Docoglossen) zu verwechseln, was ohne genaue Kenntniss der Innenseite der Schale nicht unmöglich ist. Die Docoglosse reichen ebenso weit zurück, wie die Raphistomen und Platyceren, sie sind, wenn die Scenellen des Untercambriums hierher gehören, sogar die ältesten aller bekannten Gastropoden, und da die Gattung Patella im schwedischen Untersilur sicher auftritt, ist ihre Persistenz nicht geringer als die der berühmten Lingula. Das abgebildete Tryblidium (Fig. 22) steht ebenfalls Patella sehr nahe.

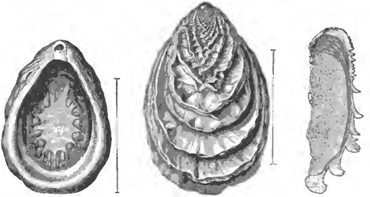


Fig. 22. Tryblidium reticulatum Lindstr.
Aus dem Obersilur von Gothland. *A* von der Innenseite, um die wie bei Patella vertheilten Muskeleindrücke zu zeigen, *B* von der Aussenseite, *C* Längsschnitt. (Nach Lindström.)

Im Anschluss an die genannten Gruppen der prosobranchiaten Schnecken sei hier noch des kleinen Kreises der sog. Heteropoden gedacht, deren Körper und Gehäuse in Folge der Lebensweise dieser Thiere sich sehr characteristisch verändert haben. Keine Art bewegt sich kriechend wie die meisten Schnecken, sondern sie leben als freie Schwimmer in der offenen See und treiben mit den Strömungen oft über ungeheuere Entfernungen. In Verbindung mit dem pelagischen Leben wurde der Fuss zu einer Schwimmflosse; die Sohle ent-

artete und verkürzte sich zu einem saugnapfähnlichen Apparate, die bei Petrotrachea ein secundärer Geschlechtscharacter ist. Neben dieser Verkürzung ging die Specialisation des deckeltragenden, hinteren Abschnittes zu einem flossenartigen Schwanze vor sich, in offenbarer Beziehung zum pelagischen Leben. Die Schale nahm gern die Form einer flachen, symmetrisch theilbaren Scheibe an; so finden wir sie in der Gegenwart bei Atlanta, so beim silurischen Cyrtolites (Fig. 23), bei der devonischen Porcellia. Freilich zeichnen sich die palaeozoischen Heteropoden gegenüber den glashellen Gehäusen der lebenden durch beträchtliche Dicke der Schale aus, und in Anbetracht des Umstandes, dass das Hauptkennzeichen der Heteropoden erst durch Anpassung aus dem primitiven Gastropodenfuss entstanden ist, kann man die Frage aufwerfen, ob man für die silurischen und devonischen Gehäuse sich Bewohner denken darf, die „Heteropoden" im Sinne der Zoologen sind. Die Form des Gehäuses ist, wenn einmal fixirt, weniger der Veränderung unterworfen, als das Bewegungsorgan des Thieres. Wir haben aber oben gesehen, dass die für den Körper des Thieres geradezu revolutionären Anpassungen, welche aus einer uralten Gruppe der Entomostraca die Rankenfüssler gemacht haben, schon im Untersilur beendet waren, und wir haben somit keinen Grund, viel weniger einschneidende Veränderungen bei den Gastropoden gerade für das Product einer viel längeren geologischen Zeit zu halten, ihre Vollendung erst in die neuere Erdgeschichte zu rücken.

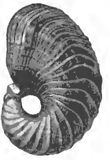


Fig. 23. Cyrtolites pharetra Lindström.

Ein Heteropodengehäuse aus dem Obersilur von Gothland (in zwölfacher Grösse). Nach Lindström.

Die Zweischaler des Silurs, obwohl die ältesten sicher gedeuteten, weichen von den noch lebend bekannten Typen dieser Classe noch weniger ab als die Gastropoden, unter denen doch zuweilen eine Form erscheint, welche der Gegenwart absolut fremdartig gegenüber steht (z. B. Suhulites). Die grossen Gruppen der Homomyarier und der Heteromyarier sind vollkommen geschieden, und weder über ihre phylogenetische Verknüpfung noch über das Verhältniss der Zweischaler zu den anderen Classen der Mollusken oder gar, über diese hinaus, zu den anderen Kreisen, etwa den Würmern, mit denen v. Ihering sie zusammenbringt, gewährt die palaeontologische Untersuchung Aufschluss. Sollte sie uns einmal wenigstens Bindeglieder zwischen den Ordnungen der Zweischaler liefern, so dürften diese, soweit es sich nicht um persistente Typen handelt, welche auch nach der Abzweigung der aus

ihnen hervorgegangenen Gruppen noch fortdauern, nur in tiefcambrischen Schichten zu erwarten sein. Die Eintheilung der lebenden Bivalven, die auch von den Palaeontologen, mit Ausnahme Neumayrs, acceptirt wurde, ist eine bewusst künstliche; wir haben mehrere Systeme, aber ob wir nun diese oder jene Merkmale in den Vordergrund schieben, immer wird der Zusammenhang einzelner Linien zerrissen. Die beiden Schalenhälften werden am sog. Schlossrande durch das Band oder Ligament zusammengehalten, eine elastische Masse, die entweder äusserlich, über den Schalenrändern, oder innerlich, zwischen sie eingekeilt, liegt. Beim Schluss der Schale wird es im ersten Falle gedehnt, im zweiten gequetscht, es wirkt also immer dem Schliessen der Schale entgegen und drängt zum Klaffen. Soll die Schale sich schliessen, so muss das Thier seine Schliessmuskeln contrahiren, welche quer von einer Schale zur andern reichen. Sehr viele Muscheln haben zwei annähernd gleich grosse Schliessmuskeln, deren Eindrücke auf der Innenseite der Schalen vor und hinter der Mittellinie liegen, andere nur einen, dessen Eindruck dem zurückliegenden jener entspricht. Hiernach unterschied man die Dimyarier und Monomyarier, aber zwischen beide schalten sich wieder solche ein, die neben einem grossen noch einen kleineren vorderen Muskeleindruck besitzen, die sog. Heteromyarier. Unter den Monomyariern trennte Lamarck solche mit längs des Schlossrandes gestrecktem Ligament, wie die Miesmuscheln, von solchen, deren Ligament in einer dreieckigen Grube unter den Wirbeln liegt (z. B. die Austern), ein selbst in den Familien unbeständiges Merkmal. Eine auf der Innenseite der Schale meist deutlich sichtbare Linie, welche die beiden Schliessmuskeln verbindet, heisst die Mantellinie; in ihr zeichnet sich der durch Fasern angeheftete Contour der Mantellappen ab, welche den eigentlichen Körper des Thieres wie der Einband ein Buch umhüllen, mit ihrem umgeschlagenen Rande die obere oder äussere Schalenschicht, auf ihrer ganzen Aussenfläche die innere oder Perlmutterschicht erzeugen. Je nachdem diese Mantellinie eine einfache convexe Linie ist oder eine tiefe Ausbuchtung macht, trennt man wieder die Integropalliaten von den Sinupalliaten, auch hier häufig gegen den wirklichen Zusammenhang. Bleiben die Mantellappen in ihrer ganzen Ausdehnung getrennt, so ist die Mantellinie stets einfach. Sehr häufig verwachsen aber die Ränder zum Theil, so dass eine hintere Oeffnung oder Spalte von einer vorderen, die dem Fuss zum Austritt dient, abgeschieden wird. Jene hintere Spalte wird häufig nochmals getheilt, die beiden Oeffnungen, von denen eine zur Ausfuhr der Auswurfsstoffe, die andere zur Einnahme von frischem Wasser dient, können sich zu fleischigen Röhren verlängern, und meist sind

besondere Muskeln vorhanden, welche das Zurückziehen dieser Röhren oder Siphonen zwischen die schützende Schale und die Mantellappen ermöglichen. Die erwähnte Ausbuchtung der Mantellinie ist die Ansatzstelle dieser Muskeln und lässt ohne Bedingung auf die Anwesenheit retractiler Siphonen schliessen. Zweifelsohne ist sie ein wichtiges Merkmal, aber ebenso klar ist es, dass in einer und derselben genetischen Linie nacheinander sämmtliche Etappen durchlaufen wurden, dass die Vorfahren aller sinupalliaten Muscheln integropalliat gewesen sein müssen.

Ein rein biologisches Merkmal führte A. D'Orbigny in die Systematik ein, indem er die Orthoconchae mit symmetrischen Schalen und Thieren und im Leben aufrechter Stellung von den Pleuroconchae mit unsymmetrischen Schalen und im Leben seitlicher Lage trennte. Unsymmetrie der Schale und des Thieres ist aber eine nothwendige Folge, wenn eine der Schalen sich auf eine Unterlage festheftet, oder, was vorauf geht, die seitliche Lage bevorzugt; man müsste hiernach z. B. die Austern mit den Chamiden zusammenstellen, die doch ausserordentlich scharf getrennt sind und der Ausgangspunkt einer der eigenartigsten Familien der Bivalven geworden sind. Neumayr legte den Nachdruck auf die Bildung des Schlosses, d. h. Modificationen der dorsalen, über dem Rücken des Thieres befindlichen Schalenränder, welche eine Verschiebung (Verrenkung) verhindern. Jedem Vorsprung der rechten entspricht eine Grube in der linken Hälfte, so dass beim Schluss der Schale eine völlige Verankerung entsteht. Die „Zähne" in der Mitte des Schlossrandes heissen Schloss- oder Cardinalzähne, die weiter nach vorn oder hinten gerückten, meist in die Länge gezogenen Seitenzähne. Man kann nach der Schlossbildung mit Neumayr folgende Gruppen unterscheiden: die Heterodonta, mit normalem, aus Cardinal- und Seitenzähnen bestehenden Schloss, die Taxodonta, mit einer grossen Anzahl gleichartig gebildeter und in eine Reihe geordneter Zähne, die Desmodonta, bei denen die Schlosszähne, so ähnlich sie auch den Cardinalzähnen der anderen Gruppen werden, doch nur Umformungen der inneren Ligamentstützen sind (oder fehlen), die Dysodonta, mit verkümmerten oder anomal gestellten Zähnen und die Cryptodonta, ohne Schloss oder nur mit schwacher Andeutung von Zähnen. Die letzteren werden auch Palaeoconchae genannt und als die ursprünglichste aller Gruppen hingestellt. Aus ihnen entwickelten sich die Taxodonten, indem die äusseren Rippen der Schale am Schlossrande eine Kerbung hervorrufen, die allmählich zu Zähnen modificirt wurde. Aehnliche Umbildungen kennt man ja auch noch bei berippten Modiolen und Mytiliden. Gattungen wie Cyrtodonta, Megalomus und Lyrodesma, sämmtlich silurisch, können als Beweis

gelten, dass aus den Taxodonten die Heterodonten sich entwickelt haben, obwohl die Stammlinien noch nicht genau anzugeben sind. Die Desmodonta schliessen wiederum direct an die Palaeoconchae an, während die Dysodonta in den silurischen und devonischen Pterinea-Formen sich den Arciden, also Taxodonten, so annähern, dass eine genetische Verknüpfung deutlich hervortritt. Wenn man die neuen Gruppen mit dem alten System vergleicht, so ergiebt sich, dass die Dysodonta die Monomyarier und Heteromyarier umfassen, während die Heterodonta, Taxodonta und Desmodonta den Homomyariern entsprechen. Die Palaeoconchen als alterthümliche, ausgestorbene Gruppe lassen natürlich eine Beziehung auf die modernen Gruppen nicht zu, jedoch werden zwei gleiche Muskeleindrücke und ganzrandige Mantellinie angegeben. Mit Ausnahme der Monomyarier sind alle diese Typen im Silur vertreten und einige Arten konnte man selbst in Gattungen der gegenwärtigen Meere unterbringen (Fig. 24, Lucina); am weitesten scheinen die Taxodonta zurückzureichen, die schon im Cambrium auftreten. Allerdings erweckt die von Walcott aus dem Untercambrium abgebildete Modioloides prisca, deren Zugehörigkeit zu den Taxodonten er vermuthet, eher den Eindruck eines Ostracoden-Steinkerns. Unmöglich sind aber solche und noch überraschendere Funde nach dem, was wir über das Alter der Gastropoden wissen, keineswegs.

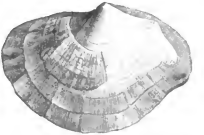


Fig. 24. Lucina (Platymermis) prisca His. Aus dem baltischen Obersilur. (Nach F. Roemer.)

Ein völlig befriedigendes genetisches System ist hiermit noch nicht geschaffen, und die Palaeoconchae haben insbesondere begründete Kritik hervorgerufen. Von den meisten hierher gestellten Muscheln ist nur die äussere Form bekannt, und jene Gattungen, die Neumayr selbst zu ihren typischen Vertretern rechnet, fehlen im Untersilur noch sämmtlich, obwohl echte Taxodonta und Aviculiden reichlich vorkommen. Nach Frech, dem wir eine ausführliche Monographie der devonischen Aviculiden Deutschlands verdanken, in der auch manche Streiflichter auf die Stammesgeschichte der übrigen Zweischaler geworfen werden, bilden die Palaeoconchen vielleicht einen aberranten Nebenzweig der Taxodonta; mit dieser Hypothese „stimmt auch viel besser die Thatsache überein, dass zu den Palaeoconchen einige der wunderlichsten Muschel-

schalen gehören, welche man überhaupt kennt. Es ist nicht wohl möglich, eigenartig differenzirte Formen wie Antipleura mit ihren schräg gegenüberstehenden Wirbeln und rechts und links „gedrehten" Schalen, oder Tiaraconcha nov. nom. (= Slava)[1]) mit der mützenartig aufgestülpten, excessiv entwickelten Embryonalschale als Stammväter der Zweischaler zu betrachten."



A B

Fig. 25. Tentaculites scalaris Schloth.
Aus dem englischen Obersilur. A Vorkommen im Gestein, B ein Exemplar vergrössert. (Nach F. Roemer.)

Nach der Anzahl der in den Monographien aufgeführten Pteropoden würde diese Abtheilung heute exclusiv pelagischer Formen schon seit dem Cambrium reich vertreten sein, aber es ist sehr fraglich, ob echte Pteropoden palaeozoisch schon vorhanden sind. Die Gattungen Cornulites und Tentaculites (Fig. 25), von denen die letztere in grosser Individuenanzahl im Obersilur und später im Devon bekannt ist, angeblich auch noch ins Tertiär geht, sind besser zu den schalenbildenden Gliederwürmern zu stellen, da der Anfangstheil der Schale oft in eigenthümlicher Weise verbogen, bei Cornulites oft geradezu eingerollt ist, nach Art der Serpeln. Hyolithes und Conularia (Fig. 26), nebst einigen verwandten Gattungen wie Theca u. s. w., finden in der ganzen bekannten Molluskenwelt keine Analogien und bleiben, so viel auch darüber geschrieben ist, vorläufig undeutbar. Die Dimensionen sind oft ganz bedeutend und auch die Schalen werden so dick, wie



A B

Fig. 26. Conularia orthoceratophila F. Roem.
Aus einem untersilurischen Geschiebe (Chasmops-Kalk). A in natürlicher Grösse, B ein Theil der Oberfläche vergrössert. (Nach F. Roemer.)

1) Wir können nicht umhin, eine treffende Anmerkung Frech's zu dieser Umtaufe hier wiederzugeben. „Wie bereits bemerkt wurde, sind die czechischen Gattungsnamen, soweit dieselben überhaupt zoologisch begründet sind, den herkömmlichen Grundsätzen der Nomenclatur anzupassen. Die tiarenähnliche Aufstülpung des Wirbels auf die Schale ist jedenfalls bezeichnender als der Name Slava, der bekanntlich Gloria und Vivat bedeutet. Mit demselben Recht könnte ein Magyar oder Serbe Gattungsnamen wie Eljen oder Zivio vorschlagen; Gärtnernamen wie Reine Claude oder Gloire de Dijon würden mit demselben Rechte wie Kralowna (Reine) pulchra oder Slava (Gloire) bohemica Eingang in die wissenschaftliche Nomenclatur finden können."

das bei Pteropoden sehr ungewöhnlich wäre. Man sollte sich nicht scheuen, eine eigene Abtheilung der Mollusken zu errichten, in der diese Gattungen isolirt werden können.

Würmer können im Allgemeinen wegen ihrer weichen Beschaffenheit nicht erhalten bleiben. Wir finden aber von ihnen die Spuren, die sie auf und in dem Boden der seichten Strandgewässer hinterliessen und die natürlich einer näheren zoologischen Deutung nicht fähig sind. In manchen Fällen ist selbst die Beziehung auf Würmer recht gewagt, z. B. bei den Scolithes genannten Fossilien. Wenn man am Strande die Stelle betrachtet, wo eben eine Welle abgelaufen ist, sieht man unzählige Luftbläschen aus dem Sande aufsteigen und jedes eine kleine Röhre hinterlassen; vielleicht finden wenigstens manche der als Scolithes beschriebenen Formen eine ähnliche Erklärung. Festgestellt sind die Anneliden durch ihre chitinigen Kiefern, die als Conodonten aus dem russischen Glauconitsand beschrieben wurden (vgl. Fig. 38) und im Gothländer Obersilur in prachtvoller Erhaltung vorkommen, sowie durch die Gehäuse der röhrenbildenden Gruppe der Chaetopoden (Fig. 27), zu denen man auch Cornulites und Tentaculites zu rechnen hat.

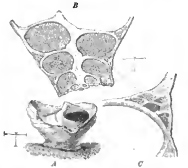


Fig. 27. Autodetus calyptratus Schrenk.
Aus dem schwedischen Obersilur. *B* Querschnitt durch das gewundene Gehäuse. *C* ein Theil in noch stärkerer Vergrösserung, um die zellige Structur zu zeigen. (Nach Lindström.)

Die den zweischaligen Muscheln äusserlich ähnlichen, im Bau des Thieres aber sehr abweichenden Brachiopoden erreichen im Silur ihre höchste Blüthe. Von den beiden grossen Abtheilungen, in die man sie bringen kann, sind die schlosslosen schon im Cambrium sehr zahlreich, während die mit fester Schlossverbindung der beiden Schalen versehenen Gattungen wesentlich dem Silur angehören (Fig. 28). Dennoch ist eine der wichtigsten zu ihnen gehörenden Gattungen, Orthis (Fig. 29), auch im Cambrium oft gefunden, und es liegt wohl mehr an der Facies, in welcher die cambrischen Schichten ausgebildet sind, dass wir so wenig Vertreter dieser Gruppe kennen; viele ihrer Gattungen sind wohl schwerlich erst im Silur entstanden. Die Gattung Lingula ist ein bekanntes Beispiel für sogenannte persistente Typen; ihre fast gleich grossen Schalen (Fig. 30), zwischen denen am Wirbel ein fleischiger Stiel austritt, lassen seit ihrem ersten Auftreten im Cambrium

kaum eine wesentliche Veränderung erkennen. Discina und Crania haben fast dieselbe erstaunliche verticale Verbreitung; unter den Gattungen der Testicardines kann nur Rhynchonella mit ihnen in dieser Beziehung verglichen werden. Trotz dieser Zähigkeit einzelner Typen ist die Classe seit der palaeozoischen Zeit, ja seit dem Silur in beständigem Rückgange und heute spielen sie nur eine bescheidene Rolle im Meere. Ihre Verwandtschaftsbeziehungen zu anderen Thierstämmen sind dunkel und auch die Phylogenese der einzelnen Gruppen und Familien ist noch nicht geklärt. Die Zusammenstellung mit den Bryozoen, die in völlig den lebenden analogen Formen schon im Untersilur erscheinen, erfuhr auch von zoologischer Seite Kritik.

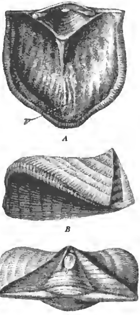


Fig. 28. Orthisina adscendens Pah.
Aus dem Untersilur Esthlands. *A* Die weit zurückgebogene grosse Klappe von der Innenseite. *V* Gefässeindrücke des Mantels. (Nach v. Pahlen.)

Unter den Echinodermen erreichten die Crinoideen im Verlauf des Cambriums und Silurs eine rasche und hohe Entwickelung. In den älteren Schichten tritt uns fast ausschliesslich die gestaltenreiche und in ihren Characteren wunderbar wechselnde Gruppe der Cystideen entgegen; im oberen Silur finden sich vorwiegend die schärfer umschriebenen, in den wichtigsten Merkmalen nach einem sehr



Fig. 29. Orthis calligramma Dalm.
Aus d. russischen Untersilur. (Nach F. Roemer.)

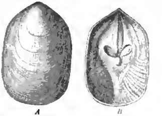


Fig. 30. Lingula Lewisii Sow.
Aus dem englischen Obersilur. *B* Inneres der Dorsalklappe. (Nach Davidson.)

bestimmt festgehaltenen Bauplane ausgeprägten echten Crinoideen. Obwohl die Cystideen bis in den Kohlenkalk weiter lebten, die Crinoideen schon im

Cambrium gefunden sind, so kann über das höhere Alter jener Gruppe im Allgemeinen kein Zweifel herrschen, und dass die Crinoideen aus Cystideenformen hervorgegangen sind, wird durch zahlreiche vermittelnde Typen wahrscheinlich gemacht. Man muss solche Uebergangsformen aber nicht anders beurtheilen, als wie man die anscheinende Stufenfolge nebeneinander existirender vermittelnder Typen der Gegenwart aufzufassen hat. Im Silur hat sich aus den Cystideen keine der Crinoideenfamilien mehr abgezweigt, aber einige jener alten, der Abzweigungsstelle genäherten Uebergangsformen sind — und vielleicht wiederum in etwas veränderter Gestalt — neben den Formen der ursprünglichen und der abgeleiteten Gruppe erhalten geblieben. Je kräftiger sich der neue Stamm der Crinoideen entfaltete, desto mehr wurden die Ueberbleibsel der alten Zeit zur Seite geschoben, sodass im Obersilur, wo die Crinoideen schon auf der Höhe ihrer Entwickelung stehen, durch das Absterben der Cystideen die Kluft sich bedeutend erweitert hat. Nicht anders hat man die Beziehungen der Cystideen zu Asteroideen anzusehen. Agelacrinus veranschaulicht bis zu einem gewissen Grade, wie aus einer Cystidee ein Seestern entstehen konnte, aber da schon im Cambrium sogar die Trennung von Asteriden und Ophiuriden vollzogen ist, so kann die untersilurische Form weder der Urtypus der Asteroideen sein noch ist es wahrscheinlich, dass sie einem solchen entspricht. Entweder ist es ein Nachzügler der uralten Uebergangsformen, und es bleibt dann angesichts der Veränderlichkeit der Organismen in der Zeit immer unsicher, welche Merkmale noch verlässliche Auskunft über die Art und Weise der Umwandlung geben, oder es ist ein Versuch des alten Stammes, nochmals ähnliche Reiser zu treiben wie früher. Anders verhält es sich mit den zu den Crinoideen im weiteren Sinne gehörenden Blastoideen und mit den Echinoideen, die auch geologisch jünger sind als die Cystideen. Die ersten Blastoideen erscheinen im Devon und solche silurische Cystideen wie Cystoblastus könnten wohl ihren Ausgangspunkt gebildet haben, obwohl eine vollkommene Uebergangsreihe nicht vorliegt. Die Echinoidea nähern sich in Cystocidaris auffallend solchen Cystideen wie Mesites; die Abstammung von den Cystideen ist auch in diesem Falle nicht unwahrscheinlich. Ueber das Verhältniss zwischen Cystideen und Holothurien ist von palaeontologischer Seite ein bestimmtes Urtheil schwer abzugeben, da die Holothurien in Folge von verringerter Skelettbildung sich nur selten (nach vereinzelten Kalkkörperchen) in den Formationen nachweisen lassen, niemals aber so erhalten sind, dass man Einsicht in die Morphologie der älteren Holothurien gewinnen könnte. Nach unseren Befunden müssten wir sie für die geologisch jüngste Gruppe halten, da die

ältesten dem Carbon angehören. Ein solcher Schluss wäre natürlich trügerisch, aber veranlasst doch zu einer gewissen Zurückhaltung. G. und P. Sarasin erklären die Holothurien für die ältesten Echinodermen und möchten gewisse Cystideen mit verschieblichen Platten und daher öfter unregelmässig walzenförmigen Körpern (Fig. 31) mit diesen gepanzerten Urholothurien in Verbindung bringen; Semon hat sich von zoologischer Seite, Neumayr von palaeontologischer dagegen ausgesprochen. Ein genaues Studium der Cystideen, deren Organisation trotz zahlreicher trefflicher Arbeiten noch in vielen Punkten recht dunkel ist, mag hier noch manches klären.



Fig. 31. Caryocystites testudinarius L. v. Buch.

Eine walzenförmige Cystidee mit verschieblichen Platten. In der Mitte die grosse Analöffnung, am oberen Ende Mund- und Genitalporus. (Nach L. v. Buch.)

Die typischen Cystideen bestehen aus einem kugligen Gehäuse, welches meist aus vielen Einzelplatten zusammen-

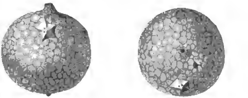


Fig. 32. Echinosphaerites aurantium His sp.

Aus dem Untersilur von St. Petersburg. *A* von der Seite, *B* von oben gesehen; die Analöffnung ist durch eine Pyramide beweglicher Tafeln geschlossen. (Nach L. v. Buch.)

gesetzt und mit einem kurzen Stiel, der häufig nur in einer schlauchartigen Verdünnung des Körpers besteht, festgeheftet war (Fig. 32). Dem Stiel gegenüber liegt eine Mundöffnung, von der bei vielen Arten kürzere oder längere Ambulacralfurchen ausgehen. Die für die Crinoiden so bezeichnenden Arme waren zwar vorhanden, aber sehr schwach entwickelt. Ausser der Mundöffnung findet sich noch, in ihrer Lage wechselnd, eine von dreiseitigen Täfelchen oder Klappen pyramidenförmig überdachte Afteröffnung und zuweilen noch eine dritte Oeffnung, die man als Genitalporus deutet. Je zahlreicher die Tafeln sind, welche das Gehäuse zusammensetzen, desto mehr verwischt sich eine bestimmte Anordnung, während bei den Gattungen mit wenig Tafeln meist horizontale Kränze sich deutlich erkennen lassen. Wo ein Stiel und auch Arme deutlich entwickelt sind, gewinnt ein solcher Cystideenkörper (Caryocrinus, Porocrinus) ganz das Aussehen des Crinoidenkelches, mit den zwei unteren, basalen Tafelkränzen, und dem oberen,

welcher die Arme trägt. Bei den Cystideen zeichnen sich aber die Kelchtafeln oder doch einige von ihnen durch eigenthümliche Poren aus, die man bei den echten Crinoideen noch nicht entdeckt hat und deren Function völlig räthselhaft ist. Zuweilen ist die Kelchplatte ihrer ganzen Dicke nach von feinen Röhrchen durchsetzt, deren Verlängerungen weit in das Innere reichen, zuweilen biegen sich die Röhren, ohne die Innenseite zu erreichen, wieder aufwärts und münden nach aussen. Ihre Function kann im letzteren Falle weder vom Wassergefässsystem noch überhaupt vom Innern der Leibeshöhle aus bestimmt sein, da ihnen jede Communication dahin fehlt. Ob die Kelchporen der Crinoideen, welche das nöthige Wasser in die Leibeshöhle führen, sich aus ihnen gebildet haben, ist eine andere Frage; die ursprüngliche Function kann es nicht gewesen sein. Ueber dem festen Kalkskelett lag jedenfalls noch eine äussere Schicht des häutigen Perisoms, und nur mit diesem können die in Gruppen, meist zu Rauten vereinigten Poren in Beziehung gebracht werden. Man weiss, dass die Larven der Echinodermen bewimpert sind, dass diese Bewimperung, die erst eine allgemeine ist, später eine Localisirung erhält, die in Einklang mit der Anlage des Kalkgerüstes steht, und dass sie sich auch später an vielen Stellen der Hautschicht erhält (z. B. bei den Spatangen). Eine respiratorische Thätigkeit solcher Wimpern, wie sie ähnlich die Hauttentakel der Seesterne entfalten, war vielleicht bei den Cystideen in reichem Masse entwickelt, bildete sich aber in demselben Masse zurück, wie die respiratorische Function von dem Flimmerepithel des Wassergefässsystems aufgenommen wird. Dass dieses wichtige Organ bei den ältesten Cystideen noch nicht in der Form wie später bei Crinoideen, Asteroideen oder Echiniden existirte, geht schon aus der kaum angebahnten Entwickelung der Ambulacralrinnen resp. der Arme hervor. Von der centralen Mundöffnung strahlen anfänglich nur schwache Rinnen aus, die sich zuweilen gabeln und mit kalkigen Anhängen, den Pinnulen der Crinoideen zu vergleichen, in alternirender Stellung besetzt sind. Die Fünfzahl ist zwar herrschend, aber nicht unveränderliche Regel wie bei den späteren Echinodermen. Manches deutet darauf hin, z. B. die oft kaum nachweisbare Anheftungsstelle und der verschiebliche Panzer mancher Echinosphäriten, dass die Cystideen ursprünglich frei lebten; wie bei so vielen Thiergruppen hat auch hier die angesiedelte Lebensweise eine gleichmässiger radiale Ausbildung der Körpertheile hervorgerufen. Die Arme entstanden dann zuerst an den Enden der Ambulacralfurchen, wie in der Ontogenese des Antedon; indem der Kelch von der Haftstelle aus nach oben sich verfestigte und versteifte, glockenförmig wurde und die Ambulacralregion mehr auf die verflachte Oberseite einengte,

rückten auch die Arme in die Höhe und gewannen an Bedeutung, indem sie eine grössere Ausbreitung des Ambulacralsystems ermöglichten und dem Mund reichlich Nahrung zuführten, die das Thier durch Ortsveränderung nicht erbeuten konnte.

Die Korallen der Silurzeit (im Cambrium sind sie nicht sicher nachgewiesen) bieten eine prächtige Fülle verschiedener Gestalten und neben zahlreichen Arten von Einzelkorallen fehlt es auch nicht an Riffbildnern, die besonders in den oberen Zonen des Untersilurs (z. B. Borkholmer Schicht) und im Obersilur grosse Bauten auch in den nördlichen Breiten aufführten. Zwei Abtheilungen lassen sich deutlich trennen, die Rugosa und die Tabulata, beide ohne directe Beziehung zu den lebenden Korallen, wenn auch die Ableitung der Astraeiden, die zuerst in der Trias erscheinen (wo die Rugosa aussterben), von den Cyathophylliden, der Kerngruppe der Rugosa, sehr wahrscheinlich ist. Bis jetzt hat man wahre Uebergangsformen noch nicht gefunden.

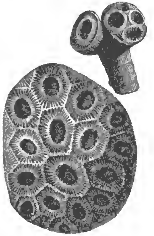


Fig. 33. Acervularia luxurians Sow. Eine riffbildende, rugose Koralle aus dem Obersilur. (Nach F. Roemer.)

Die Rugosa werden auch Tetracoralla und Pterocorallia genannt; zählt man die Sternlamellen einer lebenden Koralle, so findet man, dass sie ein Multiplum von 6 sind, während bei den Tetracoralla 4 Septa hervortreten (vgl. Fig. 40) und die Vertheilung beherrschen, und während dort die Anlage einfach radiär ist, erkennt man hier, wenn nicht im verwachsenen Kelch, so doch stets an den Jugendzuständen, eine deutlich bilateral symmetrische Anlage, welche die Ursache einer eigenthümlichen Fiederstreifung auf der Aussenseite des Kelches wird. Die Symmetrieaxe des Kelches geht durch das (zuerst angelegte) Hauptseptum und ein ihm gegenüberstehendes Gegenseptum, die beide eher kleiner als grösser wie die später gebildeten Septa sind; häufig liegt das Hauptseptum als schwache Leiste in einer Furche der Kelchwand. Links und rechts von der Mittelebene steht je ein primäres Seitenseptum. Die Einschaltung der späteren Septa erfolgt in der Weise, dass sie vom Seitenseptum gegen das Hauptseptum, vom Gegenseptum gegen die Seitensepta allmählich vorrücken, dort parallel dem Seitenseptum, hier dem Gegenseptum. Obwohl die Reihen-

folge der Einschaltungen nicht direct festgestellt werden kann, scheint sich dasselbe Wachsthumsgesetz hier geltend zu machen, das Lacaze-Duthiers in der Bildung der Mesenterialfächer und Tentakel bei den Actinien nachwies. Das Innere des Kelches wird häufig durch ein blasiges Gewebe ausgefüllt, oder durch Böden in übereinanderliegende Räume getheilt. Bei den Rhizophyllen kommt es zu einer eigenthümlichen Deckelbildung, die auch bei einigen Tabulaten beobachtet ist; die devonische Calceola, ein Nachkomme der Rhizophyllen, erhält hierdurch ein so abweichendes Aussehen, dass sie lange als Brachiopode oder Muschel betrachtet wurde.

Die Tabulata bilden in ihren typischen Formen Colonien eng zusammengedrängter Kelche, welche dadurch zu langen, oft polygonalen Prismen von geringem Durchmesser werden (Fig. 34). Die Sternleisten verkümmern, aber die Querböden sind stets deutlich und oft sehr regelmässig distanzirt. Die prismatischen Kelche communiciren durch Poren, oder, wenn sie weiter auseinander rücken, durch Querröhren (Syringopora); zuweilen sind sie blos in einer Seitenlinie verwachsen, sodass die Stöcke aus hin und hergebogenen Blättern oder Kelchreihen zusammengesetzt sind (Halysites, Kettenkoralle). Sehr abweichend sehen die auf anderen Korallen oder Muscheln aufgewachsenen Auloporen aus, für die Milne Edwards und Haime eine besondere Unterordnung der Zoantharia tubulosa schufen; sie sind wohl am besten mit Syringopora zu vergleichen. Unter den lebenden Alcyonarien hat Tubipora einen Bau, der ganz auffallend an manche Tabulata z. B. Syringophyllum (Fig. 35), erinnert; nach aller Erfahrung reichen diese aber nur und in ganz spärlichen Formen in die Trias und es ist sehr zweifelhaft, ob die Alcyonarier in einer genetischen Beziehung zu ihnen stehen.

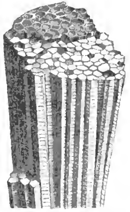


Fig. 34. Favosites gotlandicus His.

Eine tabulate Koralle aus dem Obersilur von Gothland. Die Querböden und Verbindungsporen sind deutlich sichtbar. (Nach F. Roemer.)

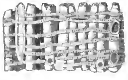
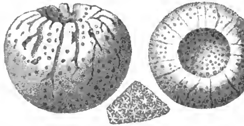


Fig. 35. Syringophyllum organum L.

Eine tabulate Koralle aus dem oberen Untersilur. (Nach F. Roemer.)

Die Spongien sind seit cambrischer Zeit in ihre grossen Abtheilungen geschieden. Schon in den Olenellusschichten Nordamerikas kommen Wurzelschöpfe von Hexactinelliden (Leptomitus) vor,

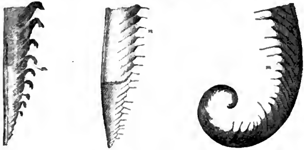
die man mit Hyalonemen vergleichen kann, neben isolirten Nadeln lyssakiner Hexactinelliden. Im Silur kennt man auch zusammenhängende Gerüste dieser Abtheilung (Astraeospongium), ferner, neben zahlreichen dictyoninen Hexactinelliden, unter denen die Gattung Astylospongia (Fig. 36) hervor-



A C B

Fig. 36. Astylospongia praemorsa Goldf.
(Aus dem Obersilur (nordisches Geschiebe). *A* Ansicht von der Seite, *B* von oben. *C* ein Stück des inneren Gewebes, vergrössert (nicht genau). Nach F. Roemer.)

zuheben wäre, auch Lithistiden und zwar tetracladine (Aulocopium), wie auch anomocladine (Hindia). Bohrende Monactinelliden (Vioa) haben ihre Gänge in silurischen Muscheln hinterlassen, und die Gattung Trachyum, aus dem Cambrium und Silur Nordamerikas, wird neuerdings den Pharetronen zugetheilt, einer erloschenen Abtheilung der Kalkschwämme. Spongien zweifelhafter Stellung, und ohne Analoga in der Gegenwart, sind die Receptaculiden (silurisch und devonisch) und die Archaeocyathinen, die allerdings von anderer Seite als eine besondere Gruppe der Korallen aufgefasst werden.



A B C

Fig. 37. Obersilurische Graptolithen.
A Pomatograptus priodon Bronn sp. Aus dem englischen Obersilur. *B* Pristiograptus colonus Barr. sp. Aus einem obersilurischen Geschiebe. *C* Pristiogr. testis Barr. sp. Aus einem obersilurischen Geschiebe. (Nach Jaekel.)

Ueber die Medusen der cambrischen Zeit und über die ausgestorbene Gruppe der Graptolithen ist schon früher gesprochen (S. 99); in manchen Schiefern

und Mergeln des Silurs finden sich Graptolithen in ausserordentlicher Menge, und die geringe Lebensdauer der Arten macht sie zu wichtigen Leitfossilien. Die Hydrozoa sind durch die Stromatoporiden vertreten, die oft gewaltige Stöcke und Riffe bilden, an denen die gleichzeitig gebildeten Sedimente in discordanter Schichtung angelagert sind. Stromatoporen lassen sich bis in die Trias verfolgen und scheinen durch Heterastridium, später durch Parkeria zu den lebenden Milleporen überzuleiten.

Unter den Urthieren oder Protozoa sondern nur Radiolarien und Foraminiferen harte Skelette ab, die sich in den Gesteinen erhalten konnten. Beide Classen sind, wie vorauszusehen war, auch im Silur gefunden, und werden die silurischen Formen mit den lebenden verglichen, so muss die Aehnlichkeit, um nicht zu sagen Uebereinstimmung der zeitlich so enorm weit getrennten Arten Erstaunen erwecken. Die Radiolariengerüste jener Zeit waren im Ganzen etwas grösser und derber gebaut. Wohl lässt sich aus den aus allen Formationen zusammengestellten Schalen der Foraminiferen eine abgestufte Entwickelungsreihe zusammenstellen, aber selbst die primitivste Art der Schalenbildung kommt auch heute noch vor, woraus anscheinend resultirt, dass die genetisch ältesten Formen unverändert neben ihren Nachkömmlingen fortlebten. Indirect liegt in diesem Verhalten ein Beweis für die Beständigkeit der fundamentalen physikalischen Eigenschaften des Meeres, denen die Foraminiferen und Radiolarien nach ihrer pelagischen Lebensweise mehr unterliegen, als den local herrschenden Bedingungen. Doch mögen niedere Thiere allgemein schwer durch die Umgebung aus ihrem Beharrungsbestreben aufgestachelt werden, neue Bahnen zu betreten; durch jedes neu erworbene „Organ“ gewinnt die Umgebung mehr Einfluss auf das bis dahin mehr in sich concentrirte Geschöpf. Dieser Persistenz der Typen geht zugleich eine ausserordentliche, oscillatorische Variabilität der Arten parallel, wie sie in keinem anderen Thierstamme bekannt ist. Man muss eine grosse Anzahl Varietäten studirt haben, ehe sich beurtheilen lässt, ob eine Art im Laufe eines geologischen Zeitabschnittes sich als Ganzes verändert hat. Die Entfernung, in der einzelne Varietäten zu ihrem Ausgangspunkte stehen, ist oft grösser, als die Entfernung, welche die Centren dieser Complexe trennt. Hier kann man in der That von Oscillationen eines Typus und von ihren Amplituden sprechen.

Der einfache Bau der Foraminiferen und Radiolarien scheint in auffallendem Gegensatz zu stehen zu der bunten und doch geregelten, für Individuum und Art constanten Mannichfaltigkeit der Formen, welche der von diesen tiefstehenden Organismen ausgesonderte innere oder äussere Stützapparat des weichen Leibes entwickelt. Wir fussen hier aber auf zwei Be-

griffen, für welche schwerlich ein voller Beweis erbracht werden kann. Indem wir den Körper der höheren Thiere als aus einzelnen Zellen aufgebaut erkennen, drängt sich uns die Vorstellung auf, dass Organismen, welche auf den Umfang einer einzigen Zelle beschränkt bleiben, einfacher gebaut sind, als jene, und weiter, da die Entwickelungsgeschichte, gestützt auf die Keimesperiode jedes Individuums, verlangt, dass die mehrzelligen Thiere aus einzelligen hervorgegangen sind, folgern wir, dass die einzelligen Lebewesen auf einer tieferen Stufe stehen — beides fälschlich in der Verallgemeinerung. Das Leben und seine Erscheinungsform ist nicht an die Aggregirung der Zellen gebunden, sondern kommt jeder Einheit zu; diese Einheiten sind auch nicht weiter ausgebildet bei den höheren Thieren, sondern eher vereinfacht, in der Function beschränkt. Dass viele Zellen einem Zwecke dienstbar gemacht werden, dass alle Arbeitsleistungen summirt zum Bewusstsein des sog. Individuums gelangen, dass alle Divergenzen von einem Willen gebändigt werden, ist erstaunlich und das Wie? unbegreiflich, aber das Schlussresultat ist dasselbe, was die einzelne Radiolarienzelle leistet. Ganz abgesehen von der Beschränkung unserer freien Naturanschauung, welche durch die Einführung des Zellenbegriffes ausgeübt wird, ist es auch unlogisch, diese Einheit, sie mag nun definirt werden wie man will, in der Werthigkeit gleichsam invariabel aufzufassen. Die Cimopolien und die Gyroporellen, die Caulerpen und andere Pflanzen aus dem Bereiche der Algen sind einzellige Organismen, trotz der Länge, welche die ersten erreichen, trotz der laub- und wurzelartigen Anhänge, welche die Caulerpen tragen. R. Hertwig's Untersuchungen über die Radiolarien haben gezeigt, wie complicirt der Bau dieser Schleimklümpchen im Einzelnen ist, und wenn wir das Ganze nur einer Zelle an Werth gleichsetzen, so ist dadurch keine thatsächliche Rangstufe angezeigt, sondern lediglich erwiesen, dass auch im Umfange einer einzigen Zelle ein derartiger innerer Ausbau möglich ist, dass dieser Begriff als Massstab für Höhe oder Tiefe der Organisation jeden exacten Werth eingebüsst hat. Auch unter den einzelligen Wesen ist eine Entwickelung vom Niederen zum Höheren vor sich gegangen, die nicht zu einer Vermehrung der Zellenanzahl, sondern zu einer Vervollkommnung der Fähigkeiten geführt hat und es ist zweifellos, dass manche einzellige Organismen feiner ausgearbeitet sind, lebhafter auf die Eindrücke der Aussenwelt reagiren, als viele mehrzellige. Der Körper der Radiolarien, um dieses Beispiel etwas auszuführen, besteht aus einer äusseren Gallertschicht und dem inneren Protoplasmatheile, der durch eine Membran von jener sich abgrenzt. Kerne, Vacuolen, Eiweisskugeln, Oelkügelchen, Pigmentkörper und kleine Kryställchen zeichnen den inneren Theil allein

aus; durch Poren der Membran kann er in die äussere Schicht eindringen, welche gewöhnlich von einem Sarkodenetz durchzogen und in anderer Weise differenzirt ist. Von ihr gehen die Pseudopodien aus, feine, häufig verästelte Scheinfüsschen, welche beliebige Verbindungen mit einander eingehen, verschmelzen und sich wieder trennen können. Das feste Skelett liegt ausserhalb der Centralmembran und giebt der Schleimhülle festeren Halt, doch reichen nicht selten radial gestellte Bälkchen bis in die Mitte der Centralkapsel hinein. Intensiv pulsirt das Leben in diesen kleinen Thierchen; die Vacuolen schwellen und sinken zusammen in rhythmischer Abwechselung, Körnerströme wogen in der äusseren Hülle, und diese selbst, in beständiger Formveränderung begriffen, sendet Füsschen aus, welche andere, kleinere Wesen festhalten, umfliessen und der Verdauung zuführen. Nur das Skelett, das zierlichste aller ähnlichen Gebilde im grossen thierischen Reiche, ist starr, unveränderlich, aber es ist doch der Ausdruck einer jeden artlichen Verschiedenheit und als solcher unmittelbar abhängig von der hochgetriebenen Differenzirung des plasmatischen Zelltheiles.

Nachdem wir nunmehr von den Crustaceen bis zu den Foraminiferen herab die Thierwelt des Silurs rasch durchgesprochen haben, haben wir die Wirbelthiere noch zu erwähnen. In grosser Menge sind Fischreste im Obersilur gefunden, in England, auf Oesel, in Podolien und jenseits des Meeres in Nordamerika. Das Material ist meist ein fragmentäres, aber es springt in die Augen, dass auch dieser, wie man sagt, jüngste Stamm des Thierreiches hier nicht nahe der Wurzel getroffen ist. Drei weit geschiedene Gruppen von Fischen sind bekannt: die Haifische, die Ganoidfische und jene eigenthümlich gepanzerten Formen, die hier als Panzerfische vorläufig zusammengefasst werden mögen. Die letzteren sind am besten, oft, wie auf Oesel, vortrefflich erhalten; sie erreichen ihre höchste Blüthe aber erst im Devon und mögen dort besprochen werden. Von den anderen kennt man nur isolirte Skelettreste, Flossenstachel, seltener Zähne von den Selachiern, Schuppen von den Ganoiden. Es war anzunehmen, dass die Trennung dieser beiden Abtheilungen weit zurückreichen würde, denn die Selachier stehen in vielen Eigenschaften, besonders auch im histologischen Bau ihrer Hartgebilde, völlig abseits des grossen Wirbelthierstammes, und es war ein Irrthum, sie zu den Urahnen stempeln zu wollen. In dem knorpligen Innenskelett bilden sich auch bei den jüngsten, wenn man will, höchsten Formen niemals Knochenkörperchen, während die Hartgebilde der Haut, die theils als Chagrin, theils als grössere „Placoidschuppen" bezeichnet werden und den Zähnen völlig homolog, zuweilen durch alle Uebergangsformen mit ihnen verbunden sind,

aus Vasodentin bestehen und mit einer besonderen Modification des epithelial gebildeten Schmelzes, dem Placoin, überzogen sind. Die prismatischen Kalkincrustationen der Knorpel sind ebenfalls höchst characteristisch. Die Flossenstachel, im Silur als Onchus u. s. w. bekannt, bestehen wie die anderen Hartgebilde der Haut aus Vasodentin (zuweilen in Pulpodentin übergehend), und sind bis zu der im Fleisch steckenden Wurzel mit Placoinschmelz überzogen; sie stehen vor den Flossen und dienen zu deren Stütze oder zum Aufspannen dieser segelartigen Hautlappen, seltener sind sie zu Waffen umgebildet.

Die Schuppen der Ganoiden bestehen dagegen aus einer knöchernen Basis mit Knochenkörperchen und sind von echtem Schmelz überzogen. Knochenkörperchen sind auch bei den Panzerfischen festgestellt, die im Uebrigen einen aberranten Zweig für sich bilden. Aus den isolirten silurischen Schuppen lassen sich leider Schlüsse auf die Familien, denen diese alten Ganoiden angehörten, nicht ziehen.

Auch die Fischzähnchen, die V. Rohon im tief untersilurischen Glauconitsand Russlands entdeckt hat, lassen sich eben nur als solche bestimmen; es ist aber auch schon von eminenter Wichtigkeit, die Anwesenheit von Fischen unmittelbar über den cambrischen Schichten nachgewiesen zu haben. Die Zähne gleichen in der Form etwa den Conodonten (Fig. 38, 39), die sich in Menge aus diesen sandigen Schichten ausschlämmen lassen. Auch hier verhilft eine

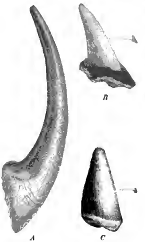


Fig. 38. *A*, *B* Einfache Conodonten, vergrössert (*A* Drepanodus). *C* Fischzahn (Palaeodus). Aus dem Untersilur Russlands. (Nach Rohon und v. Zittel.)

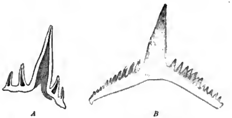
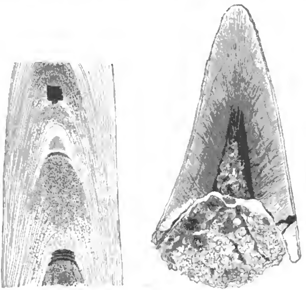


Fig. 39. *A* Kieferstück von Halycryptus (einer in der Ostsee häufigen Gephyree), *B* Zusammengesetzter Conodont, Prionodus. (Nach Rohon und v. Zittel.)

mikroskopische Untersuchung zu einem sicheren Urtheil. Jene, die Conodonten, sind Kiefer von Ringelwürmern, Anneliden, und besitzen den cha-

racteristischen, concentrisch schaligen Aufbau solcher Cuticularbildungen; die **Fischzähne** bestehen aus Dentin und dünnem Schmelz, wie aus Fig. 40 er-



A *B*

Fig. 40. *A* Längsschliff durch einen Conodonten (Drepanodus), *B* durch einen Fischzahn (Palaeodus). Nach Rohon und v. Zittel).

sichtlich. Man hat die Ansicht aufgestellt, dass die viel jüngeren Panzerfische Pterichthys und Bothriolepis noch Bindeglieder zu dem Stamme der Tunicaten darstellten; selbst wenn sich diese Ansicht besser, als durch vage Analogien mit Tunicaten stützen liesse, müssten wir in der Beurtheilung dieses Verhältnisses vorsichtig werden gegenüber der Thatsache, dass ein ganzes Zeitalter früher schon Fische lebten, welche die typische Zahnbildung dieser Classe zeigen, während bei den Placodermen (Coccosteus) zwar analoge Kerbungen der Kiefer, aber keine homologen Zähne bekannt sind. Wenn Tunicaten und Wirbelthiere gemeinsamen Ursprungs sind, so ist es immer noch wahrscheinlicher, jene als degenerirte, rückgebildete Typen anzusehen, die ihre jetzigen Charactere relativ spät erworben haben, als solche Formen in die Ahnenreihe der Fische einzufügen.

Die Zoologen betrachten gegenwärtig die Tunicaten nicht mehr als Mollusken, sondern gleichsam als Anhang der Wirbelthiere. Hartmann be-

richtet nicht allein von dem chordaähnlichen Strange im Schwanz der Ascidienlarven, der Chorda von Amphioxus zu vergleichen, sondern hat selbst Augen beobachtet, meist ein unpaares, einmal auch zwei zu einander symmetrisch gelegene. (Naturf. Freunde. Berlin 1891.) Hier bietet sich allerdings eine seltsame Parallele zu der schwankenden Gestaltung der Augen bei einigen Placodermen, die bei den einen deutlich isolirt stehen, bei anderen zu einem Organe, wenigstens in einer Augenhöhle vereinigt werden (vgl. Fig. 50). Liesse sich nachweisen, dass das Auftreten paariger Augenanlagen bei Ascidienlarven als früheres Stadium der ontogenetischen Entwickelung dem eines unpaaren Auges voraufgeht, so wäre allerdings ein neuer Gesichtspunkt für die Auffassung der Pterichthys u. s. w. gewonnen, und dieser würde sich dahin formuliren lassen, dass aus jenen aberranten Fischtypen durch fortgesetzte Degeneration die Mantelthiere entstanden seien. Physiologisch ist der Uebergang von Formen, die wie Pterichthys u. a. in seichten Meeren, im Schlamm eingewühlt lebten, zu angesiedelten nicht undenkbar.

Die Thiere der silurischen Meere haben wir kennen gelernt und gesehen, dass eine hochentwickelte Fauna, an Formen und Individuen reich, die oceanischen Fluthen belebte. Aber die Festländer jener Zeit sind in dichtes Dunkel gehüllt. Geologische Gründe sprechen dafür, dass grosse Continente vorhanden waren, man glaubt sogar hier und dort die Uferlinien mit einiger Sicherheit verfolgen zu können, man findet Ablagerungen, die nur in unmittelbarer Nähe der Küste entstanden zu denken sind, und der alte Glaube an die universale Herrschaft des Meeres in cambrosilurischen Zeiten, an die späte Entstehung der Festländer, ihre allmähliche Zusammenschaarung aus einzelnen, auftauchenden Inseln ist ins Wanken gerathen. Wir müssen auch wohl annehmen, dass auf diesen Festländern seit langer Zeit organisches Leben angesiedelt war; aber da alle silurischen Schichten im Meere entstanden sind, so wird es immer nur ein seltener Zufall sein, der uns ein Stück der Geschichte der Landbewohner entrollt.

Die Vegetation ist völlig unbekannt; es ist früher dargelegt, auf wie unsicherem Fundamente die Begründung der cambrischen Pflanzengattungen ruht, wie man häufig, auf unbestimmte Aehnlichkeiten in der Form hin, selbst ganz unorganische Reste, Ausfüllungen von Spuren, die von Thieren oder flottirenden Gegenständen im weichen Küstensande gezogen wurden, als Pflanzen ausgegeben hat, und dasselbe gilt für die silurische Zeit. Nicht ein Rest, gehöre er einer Landpflanze oder einem Seetang an, ist über das Niveau der blossen Conjectur erhaben. Die verhältnissmässig hohe Entwickelung devonischer Pflanzen und das Auftreten silurischer Insecten lassen

den Rückschluss auch auf eine gewisse Höhe der silurischen Vegetation zu, aber beweisende Funde sind noch nicht gemacht.

Von den Thieren des Landes sind einige wenige Reste gefunden, die durch Stürme oder die Flüsse in das Meer hinaus verschlagen sind; drei Scorpione aus dem Obersilur von Gothland, England und Nordamerika, ein Insectenflügel aus dem silurischen Sandstein von Jurques, Calvados, ein Myriapode aus dem Untersilur Esthlands sind bisher die einzigen Daten, auf die ein Urtheil über die Entwickelungshöhe der silurischen Landthiere sich stützen kann. Es kann demgemäss von einer Reconstruction der damaligen Fauna keine Rede sein, wohl aber berechtigen diese Reste zu einem allgemeinen Urtheil über den Grad der Differenzirung und die Consolidirung grösserer, noch heute bestehender Abtheilungen. Das ist die überraschende Lehre, die wir aus diesen Trümmern ziehen, dass zu einer Zeit, wo im Meere noch viele Ordnungen der Thiere nach Gestaltung ringen und synthetische Typen uns überall entgegen treten, die dem Landleben angepassten Glieder die Hauptstadien ihrer Entwickelung schon zurückgelegt haben, so dass es sich vom Silur bis zur Gegenwart nur noch um die Modellirung enger begrenzter systematischer Abtheilungen handelt, die, wie bekannt, zu einer überraschenden Mannichfaltigkeit im Einzelnen führt.

Palaeophonus nuncius, den Thorell und Lindström von Gothland beschrieben und der von Peach auch in Schottland gefunden ist, ist in allen wichtigen Eigenschaften ein echter Scorpion und weicht nur in wenigen Merkmalen vom Typus der lebenden weiter ab. Die stärkste Differenz liegt in der Bildung der Beine, die bei Palaeophonus einfach zugespitzt enden, während sie bei den lebenden und allen übrigen fossilen Scorpionen zwei Klauen tragen. Der Werth dieses Characters ist nicht sehr hoch anzuschlagen, da er bei verschiedenen Arthropoden gelegentlich wiederkehrt, und kann als ein Beweis für eine Verwandtschaft mit den Merostomen oder Riesenkrebsen nicht gelten. Die gewaltigen, einer Krebsscheere ähnlichen Kiefertaster mit beweglichem, gezähnelten Mandibularfinger, die Scheeren des Oberkiefers, der aus 6 Gliedern zusammengesetzte und in einen Giftstachel auslaufende Schwanz bekunden, dass der Typus in Gestalt und Lebensweise fertig ausgearbeitet ist. Die Existenz dieser ausschliesslich mit Lungensäcken (Blättertracheen) athmenden, beutegierigen Räuber zur Silurzeit nöthigt zu der Annahme, dass die Absonderung der landbewohnenden Arachniden von wasserbewohnenden oder amphibischen Arthropoden unendlich weit zurückliegt, und dass zahlreiche andere landbewohnende Thiere neben ihnen lebten, denen sie nachstellten und bei deren Verfolgung und Tödtung sich die Eigen-

thümlichkeiten ihrer Organisation herausbildeten. Die verschiedenen, unter den Zoologen herrschenden Meinungen über die Abstammung der Scorpione und Spinnen und die Phylogenese ihrer einzelnen Gruppen können palaeontologisch nicht gestützt und nicht widerlegt werden, und sind daher für uns indiscutabel. Die Gegenwart bietet nur die Endpunkte der Entwickelungsreihen, deren Anfänge sich im Dunkel der traditionslosen geologischen Zeiten verlieren. Die Aehnlichkeiten zwischen heute bestehenden Gruppen können genetisch begründete sein, die morphologischen Abstufungen können den Entwickelungsgang wiederspiegeln, aber sie können auch auf Irrwege leiten, und ebenso geben die allein aus embryologischen Untersuchungen gezogenen Schlüsse keine verlässliche Basis, wenn nicht eine Controle darüber möglich ist, wie weit caenogenetische Merkmale die Ontogenie beeinflussen.

Thorell lässt die Arachniden in sehr entlegener Zeit vom Stamme der Arthropoden, aber nicht speciell von den Merostomata sich abzweigen, hält die Arachniden mit Röhrentracheen (Milben, Chelonethen und Opilionen) für die älteren und ihnen verwandte für die Urformen der Spinnen, und leitet die mit Blättertracheen athmenden Scorpione und Pedipalpen durch die carbonischen Anthracomarti, die wir noch kennen lernen werden, von ihnen ab. Simroth betonte in letzter Zeit wieder die Embryologie der Scorpione und möchte in ihnen die ursprünglichsten Formen der Arachniden sehen, die in noch älterer Zeit mit den grossen, von ihm zu Landthieren gemachten Eurypteriden u. s. w. zu einem Urstamme verfliessen, in dem dann auch die Limuliden und schliesslich die Trilobiten sich vereinigen. Scudder, der im Zittel'schen Handbuche die Bearbeitung der Arachniden, Insecten u. s. w. übernommen hat, nimmt ebenfalls engere Beziehungen zu den Merostomata an, ohne seine Ansicht näher zu präcisiren. Simroth geht so weit, „den gemeinsamen Arthropodenahnen der Merostomen und Scorpione ein Leben auf damals noch sehr feuchtem Lande zuzuschreiben", und lässt die ältesten marinen Eurypteriden sogar aus silurischen Binnengewässern ins Meer zurückgewandert sein, während Thorell weder in der Organisation noch in der Entwickelung der Merostomen einen Grund findet, sie von den Crustaceen zu trennen.

Es ist zweifellos ein Verdienst von Simroth, den Einfluss des Festlandes auf die Entwickelung der Thiere mehr in den Vordergrund gerückt zu haben. Die Palaeontologen haben aber vorläufig keinen Grund, hierfür Symptome in der Organisation der Trilobiten und ältesten Eurypteren zu finden. Dass die Scorpione ihre Eigenthümlichkeiten nur auf dem Lande erworben haben, ist wohl zweifellos, aber die Anknüpfung an die alten Crustaceen ist bislang

ebenso wenig gelungen, wie ein befriedigender Nachweis der ursprünglich terrestrischen Lebensweise einer ihrer Gruppen.

Ueberraschend hohes Alter haben auch nach den neuesten Untersuchungen die Myriapoden, die unter den Tracheaten-Gliederthieren durch ihre gleichartigen, nicht zu grösseren Complexen verschmolzenen Körperabschnitte (Metameren) einen gleichsam indifferenten Zustand darstellen. Mit Ausnahme einer Gattung kann man alle palaeozoischen Vertreter in eine Gruppe, die Archipolypoda Scudders, vereinigen, die wiederum in mehrere Familien zerfällt. Die meisten Funde sind in der Steinkohlenformation Nordamerikas gemacht, einige wenige im Devon (Old Red) Englands; ganz besonderes Interesse erweckte in mir die Entdeckung einer untersilurischen Art, nicht allein, weil sie das Alter der Gruppe um einen riesigen Zeitraum erhöht, sondern weil an keiner andern die Beziehungen zu gewissen Ringelwürmern deutlicher hervortreten.

Unter den Tausendfüsslern der Gegenwart herrscht bei aller Mannichfaltigkeit doch Uebereinstimmung in folgenden Characteren. Der Körper setzt sich meist aus einer grossen Zahl gleichartiger Ringe zusammen, deren jeder ein oder zwei Paar gegliederte Füsse trägt. Der Kopf ist zwar von den übrigen Segmenten verschieden, entspricht aber meist nur einem einfachen Abschnitte; er ist mit Fühlern und zwei Kieferpaaren versehen und trägt 4 Ocellen oder gehäufte Punktaugen. Nur bei den Chilopoden sind auch die Anhänge der zwei folgenden Segmente in den Dienst des Mundes gestellt. Tracheen vermitteln die Athmung, doch sind ihre Oeffnungen (Stigmata) bei der isolirten Gruppe der Pauropoden noch nicht beobachtet und auch sonst schwer zu finden.

Beim Kriechen bewegt sich der langgestreckte Leib entweder in seitlichen Wellen, wie bei Schlangen, oder aber der Körper bleibt gestreckt und die Beine jeder Seite werden gleichsam von Bewegungswellen durchlaufen, während die sog. Galoppbewegung der Raupen nicht vorkommt. Die beiden lebenden Ordnungen der Chilopoden (unter ihnen die Scolopendren) und der Diplopoden oder Chilognathen (unter ihnen die Juliden) treten erst in der Kreide resp. dem Tertiär auf, und naturgemäss ist der Unterschied zwischen ihnen und den palaeozoischen Gruppen ein recht bedeutender. Dennoch kann man die Archipolypoda als die Ahnen der Diplopoden, die kleine carbonische Gruppe der Protosygnatha als die der Chilopoden ansehen.

Die Segmente der Diplopoden sind von einer grossen Dorsalplatte und zwei Ventralplatten bedeckt; jede der letzteren trägt ein Beinpaar (mit Ausnahme der vordersten Segmente), aber sonst bildet das Segment eine körper-

liche Einheit. Die Chilopoden haben nur eine ventrale wie dorsale Platte und dementsprechend auch nur ein Beinpaar. Es fragt sich nun, ob der Paarigkeit der Ventralschilder eine secundäre Subsegmentirung zu Grunde liegt, oder ob sie ein primitives Stadium bedeutet und die Dorsalschilder in beiden Ordnungen ebenfalls ursprünglich quergetheilt waren.

Die palaeontologischen Thatsachen zwingen uns, das letztere anzunehmen. Scudder resumirt sie in folgenden Worten: „Alle carbonischen Archipolypoda zeigen eine deutlich zusammengesetzte Beschaffenheit der Segmente. Es waren nicht allein die Ventralschilder beträchtlich umfangreicher und bedeutender als bei den recenten Diplopoden, sondern einige Gattungen trugen sogar neben grossen Stigmata ausserhalb der Beine 1 Paar segmentirter Organe dicht neben der Mittellinie jeder Ventralschuppe; auch das Dorsalschild war deutlich in ein vorderes und hinteres Feld getheilt. Bei einigen Formen zeigt sich diese Theilung bestimmter als bei anderen, ja zuweilen ist dieselbe so weit getrieben, dass man namentlich bei gewissem Erhaltungszustand an eine vollständige Trennung glauben könnte. Bei den ältesten devonischen Formen aus dem Old Red Sandstone von Schottland scheint dieselbe wirklich auch vorhanden zu sein. Daraus ergieht sich eine offenbare Theilung sowohl des dorsalen als ventralen Schildes in jedem Segment, sowie eine Reihe von alternirenden grösseren und kleineren Segmenten, von denen nur die ersteren dorsale Hautanhänge, beide jedoch ein Beinpaar tragen.“ Es wäre hier einzufügen, dass die besten Kenner der Myriapoden die scheinbaren Doppelringe auf die durch Verschmelzung der Dorsalplatten bewirkte Vereinigung zweier selbständiger Segmente zurückführen.

Es ist oben von „segmentirten“ Organen die Rede; dieser Ausdruck bezieht sich auf die jeder Ventralplatte eigenen und zwischen den Beinpaaren gelegenen, trichterförmigen Oeffnungen, die man als Kiementaschen deutet. Neben der Tracheenathmung kommt demnach auch Kiemenathmung vor. Ein derartig amphibischer Zustand der ältesten Myriapoden wird wohl mit Recht so gedeutet, dass die ersten Tausendfüssler aus Wasserbewohnern hervorgegangen sind. Da andererseits unter den Entomologen die Annahme herrscht, dass die jetzigen Insecten aus vielfüssigen, myriapodenähnlichen Vorfahren abzuleiten seien, ist dieser Schluss von ausserordentlicher Tragweite. Eine Reihe von Beobachtungen [1]) (erwähnt seien nur die Arbeiten Kowalevsky's und Heider's über Hydrophilus piceus, den Kolbenwasserkäfer) legten dar, dass in einer gewissen Entwickelungsperiode an mehreren, bei Hydrophilus an

1) Ich stütze mich hier wesentlich auf die klaren Ausführungen Erich Haase's, die er in den Sitzungsberichten der naturforschenden Freunde zu Berlin niedergelegt hat.

allen Hinterleibsringen Anlagen von Extremitätenrudimenten sichtbar werden, die allerdings bald wieder resorbirt werden, aber immerhin vor ihrem Verschwinden doch noch besondere Umformungen erleiden können. Die an Embryonen von Gryllotalpa und Oecanthus auftretenden Auswüchse wurden schon früher mit Kiemen verglichen. In einer einzigen Abtheilung der Hexapoda oder Insecten, die wahrscheinlich nie Flügel besessen haben und deswegen auch von Brauer als Apterygogenea abgesondert wurden, finden sich ähnliche Anhänge noch im Reifealter. Bei Campodea sind die Anhänge des ersten Abdominalsegmentes verkümmerten Thoracalbeinen ähnlich; am zweiten Abdominalsegment tritt statt dessen aussen ein griffelartiger, beweglicher Zapfen und innen ein Hautsack auf, der durch Einströmen von Blut hervorgestülpt werden kann. Nach dem Körperende zu nehmen die Hautsäcke an Grösse ab, die griffelartigen Sporne zu, „sodass man erstere schon aus diesem Grunde als ältere Bildungen ansprechen darf.“ Aehnliche Beobachtungen sind mehrfach gemacht. Die Sporne sitzen stets ausserhalb der blasigen Einsenkungen. Homologe Einrichtungen finden sich unter den Chilopoden z. B. bei Lithobius, Henicops und Scolopendrella, unter den Diplopoden bei Chordeumiden, Lysiopetalum, Polyzonium und Siphonophora. Ihre Bedeutung wird verschieden aufgefasst; selbst Haase nimmt ihre polyphyletische Ausbildung innerhalb der Ordnung an, da sie meist am Ende theilweise unzusammenhängender Entwickelungsreihen auftreten. „Und doch zeigen sie in ihrer Lage, ihrer Entstehung und zugleich in ihrem histologischen Bau so viele gemeinsame Grundzüge, dass man mit H. Eisig an Wiederholungen altvererbter Anlagen denken kann.“ Angesichts der palaeontologischen Funde scheint mir entweder diese Folgerung, oder, da man unter Gruppen der gegenwärtigen, synchronen Fauna nicht wohl von Entwickelungsreihen sprechen kann, die Annahme directer Vererbung alterthümlicher Einrichtungen, die allerdings zum Theil ins Embryonalleben gedrängt sind, die richtigere. Die kiemenartige Function ist wohl nicht allein auf das Embryonalstadium beschränkt, wie bei Oecanthus und dem Maikäfer, wo die Bauchsäcke ihre höchste Ausbildung haben, während das Thier in der feuchten Erde liegt und Rückengefäss und Tracheen noch nicht functioniren, sondern lässt sich auch bei Symphylen und Thysanuren annehmen, deren Tracheensystem mangelhaft ausgebildet ist und deren Stigmen geradezu versteckt liegen. Bei Scolopendrella reichen die Tracheen nur bis ins dritte Segment, von dem an die Hautsäckchen auftreten. Sie fehlen, wo sich ein höher ausgebildetes Tracheensystem zeigt. Oudemans und Haase beobachteten, dass die gefangen gehaltenen Machilis ihre ventralen Hautsäcke besonders zeigten, wenn sie in warmer

und zugleich feuchter Atmosphäre waren, aber nur, wenn sie vollkommen ruhig waren. So scheint also nicht allein die morphologische Anlage des Organs eine von Alters ererbte zu sein, sondern es hat sich sogar ein Rest der ursprünglichen Function erhalten.

Auch Haase sucht, von seinon zoologischen Untersuchungen ausgehend, die Urform der Tracheaten in hypothetischen, Protosymphyla genannten Formen, die mit der recenten Scolopendrella manche Eigenschaft theilen, obwohl diese in anderen sich als degenerirte Form auffassen lässt. Man hat darauf hingewiesen, dass die Embryonen von Julis nur drei Beinpaare wie die Hexapoden besitzen und hierin eine Andeutung der umgekehrten Abstammung der Tausendfüssler von den Insecten erkennen wollen, aber die Aehnlichkeit ist nur eine äusserliche, da einem der Thoracalsegmente die Anhänge fehlen und das dritte Beinpaar dem Abdomen zugerechnet werden muss, während die Beine der Insecten unveränderlich nur am Thorax inserirt sind.

Wenn somit die Abstammung der Insecten von vielfüssigen, myriapodenartigen Vorfahren wahrscheinlich ist, so liegt sie doch unendlich weit zurück. Durch den Fund eines Archipolypoden im Untersilur ist das Alter dieser Classe um mehr als eine volle geologische Poriode erhöht; aber in fast gleichalterigen Schichten, dem Grès de May, entdeckte Brongniart einen Insectenflügel, die oben erwähnte Palaeoblattina. Welch' eine Kette von Anpassungen und Umgestaltungen ist aber vorauszusetzen, ehe der borstenstarrende, fast chaetopodenartige Körper eines Acantherpestes zu dem eines beflügelten Insectes, mag es auch auf der niedersten Stufe stehen, übergeleitet ist. Wenn im Culm Käfer vorkommen, die nach Dathe und Karsch einen Vergleich mit Tenebrioniden und Carabiden erlauben, so ist der gelegentliche Fund eines untersilurischen Käfers völlig im Bereich der Wahrscheinlichkeit. Den Convergenzpunkt zu finden, in dem diese Stämme sich treffen, ist fast aussichtslos, die gemeinsame Quelle aller Arthropoden aber kann man nur in praecambrischen Zeiten vermuthen, von denen keine Ueberlieferung zu uns gedrungen ist. Im Gegensatz zu Scudder hat Brauer ausgesprochen, dass selbst die ältesten fossilen Insecten sich noch direct den gegenwärtigen Ordnungen und Gruppen einfügen lassen, transitorische Typen völlig fehlen. Palaeoblattina betrachtet er durchaus nicht als einen solchen, sondern als echten Vertreter der Orthopteren, der Maulwurfsgrille nahe verwandt. Die Zergliederung der lebenden Formen soll hier aushelfen und unsere Vorstellungen ergänzen, aber wo sie convergirende Linien zeigt, befinden wir uns oft zwischen Parallelen und indem wir in die Zeiten der Vergangenheit zurückdringen,

verschiebt sich mit jeder Bewegung auch der vermeintliche Schnittpunkt. In keinem Stamme ist die Ontogenie weniger beweiskräftig als bei den Arthropoden. In dem verwirrenden Spiel der vielseitigen Anpassungen sind Erscheinungen in das Embryonalleben eingetreten, die mit der Stammesgeschichte keine Berührung haben, die Eigenschaften der phyletischen Jugend aber längst aus dem embryonalen Leben herausgedrängt, nach dem Gesetz der progressiven Vererbung.

Die Archipolypoda mit ihren ventralen Kiementaschen neben den Tracheen konnten anscheinend auch im Wasser aushalten, aber schon der einzige silurische Insectenflügel ist ein unwiderleglicher Zeuge des silurischen Festlandes und eines selbständig auf dem Lande entwickelten Thierlebens. Landpflanzen sind aus dem Silur nicht mit Sicherheit bekannt, aber die mitteldevonischen Nadelhölzer sind sicher nicht erst im Devon entstanden, und wenn das wäre, so müssten wir doch eine hochstehende silurische Kryptogamenflora als Entwickelungsbasis annehmen.

Sechstes Capitel.

Das devonische System und seine Fauna.

Die devonische Formation trägt ihren Namen nach der südwestlichen Grafschaft Englands, wo Sedgwick und Murchison die Gleichaltrigkeit dieser marinen Schichten mit dem sog. Old red sandstone weiter im Norden feststellten, aber das nähere Verständniss erwuchs aus Beobachtungen, die in anderen Gegenden, besonders in Deutschland und Belgien gemacht wurden.

An vielen Stellen Mitteleuropas trat gegen Ende der Silurzeit das Land aus dem Meere heraus; die Aufwölbungen begannen in der Gegend der Ardennen sogar schon frühe, so dass hier Obersilur gar nicht zur Ablagerung gekommen ist, während weite Gebiete seit cambrischer Zeit überhaupt nicht vom Meer erreicht zu sein scheinen. Ausser im Fichtelgebirge, im Voigtlande und im Thüringerwalde sind silurische Gesteine an der Zusammensetzung der deutschen Gebirgskerne kaum betheiligt. Die Verbreitung der devonischen Schichten lässt dagegen ein allgemeines Vordringen des Meeres erkennen, welches im Oberdevon seinen höchsten Stand erreicht, aber noch vor dem Beginn der Steinkohlenzeit zurückzusinken begann. Das Ueberwiegen sandiger Gesteine im untern Devon, die reichere Kalksteinbildung der höheren Schichten wurde durch ein anfänglich rasches, dann sehr langsames und von grösseren Pausen unterbrochenes Steigen des Meeres bedingt, so dass an den Rändern der alten Inseln selbst Korallenbauten sich ansiedeln konnten und die Wanderungen der Thiere zu einem annähernden Ausgleich der Faunen führten.

Das wichtigste Devongebiet des Festlandes ist das rheinische, dem sich im Osten, allerdings durch eine breite, von jüngeren Gesteinen ausgefüllte Senke geschieden, der Harz anschliesst, während die Ardennen eine unmittelbare Fortsetzung nach Westen bilden.

Die ältesten Schichten, das Gédinnien Dumont's umfassend, haben nur unweit Rocroi und Malmedy Versteinerungen geliefert, die sowohl ihre volle

Selbständigkeit gegenüber dem belgischen Silur, wie auch ihre sehr tiefe Stellung an der Basis des Devons erwiesen. Die Verbreitung der Stufe scheint bis zu der orographisch scharfen Südgrenze des rheinischen Schiefergebirges, bis zu der Kette des Taunus und Hunsrücks zu reichen, dessen früher für bedeutend älter, für cambrisch und selbst azoisch gehaltenen, von einem talkähnlichen Muscovit-Glimmer erfüllten Phyllite, Sericitschiefer und Sericitgneisse von den besten Kennern des mitteleuropäischen Devons, von Gosselet, Kayser und Frech für versteinerungsleere, durch Gebirgsfaltung stark veränderte, eruptive wie sedimentäre Devongesteine vom Alter des Gédinnien gehalten werden.

Am Südrande des Gebietes schliessen sich den älteren Taunusgesteinen harte Quarzite und dunkle Dachschiefer als die nächst höheren Stufen des Devons an. Die festen, der Verwitterung trotzenden Taunusquarzite bilden recht eigentlich das Gerüst dieses Bergzuges und des Soon-Idar-Hochwaldes auf der linken Rheinseite, und die über ihnen folgenden Hunsrückschiefer sind in langgezogenen Mulden zwischen ihren Falten eingeklemmt. Bei der Aufstauchung der Falten sind die Sandsteine, wie gewöhnlich, wenig verändert, da ihre körnige Structur eine leichte Verschieblichkeit der kleinsten Theilchen bedingt, während in dem dichten Schiefergesteine die in Folge des Schubes auftretenden Spannungen sich in Schieferungsflächen auslösten, die unbekümmert um die Lage der Schichtebene senkrecht zur Richtung des stärksten Druckes stehen. An manchen Stellen durchschneiden die ursprünglichen Schichtflächen und die secundären Schieferungsflächen einander mit sehr steilem Winkel, an andern fallen sie in eine Richtung. Während der Taunusquarzit ein durchaus klastisches Gestein ist, welches aus zertrümmerten Quarzen zusammengebacken ist, lassen die Hunsrückschiefer unter dem Mikroskope auch stets echt krystallinische Gemengtheile erkennen, welche zuweilen die Quarzkörnchen, zerstückelten Glimmerschüppchen und Feldspathstückchen des alten Meeresschlammes weit überwiegen. Dieser höchst beachtenswerthe halbkrystalline Zustand der Schiefer ist nach Zirkel keine Folge späterer Umwandlung, sondern ein ursprünglicher, den sie schon bei ihrem Absatz oder doch vor ihrer Verfestigung erlangt haben. Durch den Druck während der Gebirgsbildung scheint nur die parallele Stellung der Glimmerblättchen und Rutilnadeln hervorgerufen zu sein, deren Orientirung stets mit der Richtung übereinstimmt, in welcher die Versteinerungen gezerrt erscheinen. Für die Frage nach der Bildungsweise mancher sog. krystallinischen Schiefer sind die Beobachtungen über ursprünglich krystallinische Gemengtheile eines echt sedimentären, in normalem Meer abgesetzten Ge-

steines von höchster Bedeutung, denn sie beweisen, dass man nicht immer den Metamorphismus zu Hülfe zu rufen braucht, wo es sich um krystallinen oder halbkrystallinen Habitus von Meeresabsätzen handelt, und dass man auch nicht an überhitzte, chemisch wirksame Oceane zu denken braucht. Wo in der Nähe vulcanischer Ausbruchsstellen Asche, Tuffe oder eruptive Gesteine vom Wasser zerstört und ohne langen Transport, der die Gemengtheile abrundet, ins Meer geschwemmt wurden, waren auch krystallinische Gemengtheile am Aufbau der Sedimente betheiligt.

Die Fauna des Taunusquarzits und des Hunsrückschiefers sind sehr verschieden, wie man nach der abweichenden petrographischen Beschaffenheit der Gesteine, die ein Bild des einstigen Meeresbodens liefert, wohl erwarten konnte. Dort ein rein sandiger Grund, wenig belebt von Thieren, auf dem nur stellenweise Brachiopoden und Zweischaler sich in grösserer Menge ansiedelten, hier Thon und Schlamm, in dem grosse Panzerfische und Trilobiten sich einwühlten, auf dem ganze Rasen von Seelilien sich entwickelten und zahlreiche Arten von Seesternen umher krochen. Dass die Bildung des Taunusquarzites in einem seichten Meere vor sich ging, wird durch Wellenfurchen der Schichtflächen direct bewiesen, aber auch die Fauna der Schiefer erhält ihren characteristischen Habitus weniger durch die grosse Tiefe des von ihr bewohnten Meeres, als durch die Beschaffenheit des Meeresgrundes und die durch Strömungen nicht gestörte Ruhe der Bucht, in der die Schlammtheilchen niedersanken.

Die beiden besprochenen Stufen sind dem Süden des rheinischen Schiefergebirges eigenthümlich; weiter nach Norden werden sie durch Gesteine ersetzt, welche im Habitus sich mehr den Quarziten anschliessen, durch die „Grauwacken", feinkörnige und meist auch feldspathhaltige Sandsteine. Früher vereinigte man sie alle in ein „Grauwackengebirge", jetzt hat man gelernt, die petrographisch sich so ähnlichen Gesteine in mehrere Stufen zu zerlegen. Eine eingehende Besprechung erscheint nicht thunlich; in den Schriften von Koch, Kayser und Frech ist der schwierige Gegenstand eingehend behandelt. Auch der Harzer Spiriferensandstein entspricht dem rheinischen Unterdevon, ohne sich aber deutlich in Stufen theilen zu lassen, und in weit entfernten Ländern trifft man den Typus der rheinischen Grauwacken und ihrer an Brachiopoden und Zweischalern reichen Fauna wieder.

Das wichtigste Gestein des Mitteldevons ist der Eifelkalk, nach einem häufig vorkommenden Brachiopod auch Stringocephalenkalk genannt. An seiner Basis liegen, ebenfalls noch zum Mitteldevon gerechnet, die Schichten mit der Pantoffelkoralle, Calceola sandalina, die sich nach unten in die

Schichten mit Spirifer cultrijugatus fortsetzen, einer aus stratigraphischen nnd palaeontologischen Gründen in ihrer unteren Hälfte noch zum Unterdevon gezogenen Stufe, die aber durch ihre vorwiegend kalkige Ausbildung sich petrographisch mehr dem Mitteldevon anschliesst. Ziemlich unsicher ist die stratigraphische Stellung der an der Grenze von Unter- und Mitteldevon local eingeschobenen sog. Wissenbacher Schiefer, im Habitus den Hunsrückschiefern ähnlich, aber durch die zahlreich eingebetteten Reste pelagischer Cephalopoden faunistisch scharf getrennt.

Das Mitteldevon der Eifel ist durch seinen Versteinerungsreichthum eine der bedeutendsten Quellen für die Kenntniss devonischen Thierlebens. Die oberen Bänke der Calceolaschichten sind oft fast allein aus Korallen zusammengesetzt, eine ähnliche Anhäufung von Crinoiden leitet den eigentlichen Eifelkalk ein. Die Fülle von Arten, die sich mit den Resten der Crinoiden zusammen finden, wird im Mitteldevon nicht wieder erreicht. Während die Calceola- und Crinoidenschichten in schmalen Bändern die auf der linken Rheinseite in älteren Gesteinen eingeklemmten Mulden des Eifelkalks umgeben, werden sie rechtsrheinisch durch die sog. Lenneschichten ersetzt, Schiefer, Sandsteine, Conglomerate und Kalke in vielfachem Wechsel, welche oft den unterdevonischen Schichten sehr ähnlich werden. Das höhere Mitteldevon, der Stringocephalenkalk, ist dagegen beiden Gebieten gemeinsam, lässt sich, durch Erosion in Schollen und vereinzelte Mulden aufgelöst, von der belgischen Grenze bis an den östlichen Rand des rheinischen Schiefergebirges verfolgen und fehlt auch dem Harze nicht. Oft ist er massig und krystallinisch-körnig, so dass er als Marmor bearbeitet werden kann, oft, in den oberen Lagen besonders, dolomitisch, zuweilen, wie bei Brilon, durch Hämatit oder Eisenstein ersetzt. Im Lahngebiete, doch auch schon bei Brilon und Bredelar, ist die regelmässige Folge der Sedimente oft durch Ausbrüche von Diabasen unterbrochen, welche sich zwischen die Kalke einschalten und deren Tuffe vom Meere sofort wieder zu neuen Absätzen verarbeitet wurden.

Die oberdevonischen Schichten sind in noch höherem Masse wie das Mitteldevon der Erosion zum Opfer gefallen und obwohl sie zweifellos einst das ganze Gebiet bedeckten, ist z. B. in der Eifel nur ein einziges Vorkommen bekannt. Man kann zwei Stufen unterscheiden, deren ältere besonders durch Goniatiten aus der Gruppe des Goniatites intumescens ausgezeichnet ist, während in der oberen plötzlich die Gruppe der Clymenien auftritt, den Goniatiten verwandte Cephalopoden, deren Sipho nicht längs der Aussenseite der Schale, sondern wie bei gewissen Nautilen ganz innen verläuft. Im älteren Oberdevon kam es auch zur Bildung von Korallenriffen, wie am

Iberge bei Grund (Iberger Kalk), während das jüngere Oberdevon häufig durch sog. Cypridinenschiefer vertreten ist, feine, buntgefärbte Schiefer, die oft ganz von kleinen Cypridinen (Schalenkrebsen) erfüllt sind.

Wir erhalten demnach über das rheinische Devon folgende Uebersicht:

Oberdev.	Clymenienkalk Cypridinenschiefer		
	Goniatitenkalk, Iberger Kalk		
Mitteldevon	Eisenstein Stringocephalen- oder Eifelkalk Crinoidenschicht	Lenneschiefer Wissenbacher Schiefer	Elbingeröder Grauwacke Zorger Schiefer Hauptkieselschiefer Obere Wiederschiefer
	Calceola - Schichten Schichten mit Spirifer cultrijugatus		
Unterdevon	Obere Coblenzer (rheinische) Grauwacke Coblenzquarzit		Hauptquarzit im Harz Spiriferensandsteim im Harz
	Untere Coblenzer Grauwacke		
	Hunsrückschiefer Taunusquarzit		Siegener Grauwacke
	Aeltere Taunusgesteine (Phyllite u. s. w.)		

Am Oberharze lassen sich die grösseren Abschnitte des rheinischen Devons ohne Mühe wiedererkennen, dagegen tritt im mittleren Theile des Gebirges und im Unterharze das Devon in einer sehr abweichenden Gestalt auf. Grauwacken, Schiefer, Quarzite und Kieselschiefer bilden hier eine mächtige Folge versteinerungsarmer Sedimente, deren genauere Parallelisirung mit dem Devon des Oberharzes und anderer Gegenden nur schwer gelingt. In dem sog. Hauptquarzit wies Kayser die Brachiopoden der oberen Coblenzer Grauwacke nach; hier hat man also ein Niveau festgelegt und kann daraus schliessen, dass die nach oben sich anreihenden Schichten der Oberen Wieder Schiefer, des Hauptkieselschiefers, der Zorger Schiefer und der Elbingeröder Grauwacke dem Mitteldevon entsprechen. Die Versteinerungen in den Zorger Schiefern liessen sich in der That auf solche des Wissenbacher Horizonts zurückführen. Schwieriger noch gelingt die Orientirung in den unter dem Hauptquarzit folgenden Gesteinen. Man unterscheidet zwei Gruppen: die Wieder Schiefer und die Tanner Grauwacke. Diese letztere wird als der tiefste Devonhorizont des Harzes, nach anderen sogar als Silur angesprochen, indessen sind die Lagerungsverhältnisse ungewöhnlich schwierige, und da die wenigen Pflanzenreste der Tanner Grauwacke die grösste Aehnlichkeit mit

solchen des Culms, einer Stufe der Steinkohlenformation, haben, und die bei Magdeburg ausstreichende culmische Grauwacke fast wie die directe Fortsetzung des Harzer Grauwackenzuges aussieht, so ist eine zukünftige Berichtigung dieser älteren Auffassung nicht ausgeschlossen. Auch die Wieder Schiefer wurden dem Silur zugetheilt, weil in ihnen und zwar dicht unter dem Hauptquarzit Graptolithen gefunden sind; die stratigraphischen Verhältnisse sind auch hier recht unklar, und es ist darüber gestritten, ob der Graptolithenhorizont thatsächlich dem Devon angehört, oder ob man es mit verschobenen Silurschichten zu thun hat. Wichtiger als die spärlichen, kaum der Art nach bestimmbaren Graptolithen, deren Fortleben bis ins Devon ja schliesslich nichts Wunderbares wäre, sind die linsenförmigen Kalkstöcke, welche sich hier und dort im Bereiche des Wieder Schiefers finden und oft eine reiche Fauna mariner Thiere enthalten. Die Bedeutung dieser Fauna trat heraus, als man sie mit den von Barrande in Böhmen unterschiedenen Etagen F, G und H seines Silurs verglich; besonders die bekannten F_2-Kalke von Konjeprus und Mnienian enthalten bei ähnlicher petrographischer Facies eine grössere Anzahl gleicher Arten, während die Beziehungen zum rheinischen Unterdevon sehr gering sind. Die „Hercynkalke", die zuerst von Beyrich und Lossen ausgeschieden wurden, sind seitdem in zahlreichen Arbeiten besonders von Kayser und Frech besprochen, und wir müssen auch an dieser Stelle dieser Frage etwas näher treten.

In vielen Gegenden traten während der Zeit des Obersilurs Bewegungen der Landmassen auf, die entweder zu einer völligen Verdrängung des Meeres führten, wie in Schottland, oder doch, indem sie die Tiefen der Meere und die Beziehung eines Meerestheiles zur nächsten Küste änderten, eine Aenderung sowohl in der Natur der Absätze auf dem Meeresboden wie auch der Zusammensetzung der Thierwelt veranlassten. Die Grenze zwischen Devon und Silur ist daher meistens eine verhältnissmässig scharfe und selbst dort, wo die Sedimente ohne sichtliche Störung aufeinander folgen, spricht sich in dem stärkeren Zuströmen neuer Thiergeschlechter und Arten, besonders in der reichlichen Invasion der Goniatiten ein Zusammenhang mit dem Schwanken der Meere anderer Gegenden und der Beginn der neuen geologischen Formation aus. Zu den wenigen Gegenden, die von der Welle dieser Ereignisse nicht erreicht zu sein scheinen, gehört vor allem das böhmische Becken, wo über dem typischen Obersilur, das Barrande mit dem Buchstaben E bezeichnete, noch die drei Etagen F, G, H in so enger Verknüpfung folgen, dass sie früher allgemein noch dem Silur zugerechnet wurden. Von einer Unterbrechung der Sedimentation oder der Entwickelung des Thierlebens ist hier

nichts zu spüren, und es ist an sich ziemlich gleichgültig, wo die conventionelle Grenze zwischen Silur und Devon eingeschoben wird; dennoch hält man mit Recht das Auftreten zahlreicher Goniatiten für ein Zeichen der angebrochenen devonischen Zeit, die man demgemäss mit der Etage F beginnen lässt. Zweifellos ist das mit dem Obersilur eng verkettete Devon das tiefste und wo man Ablagerungen findet, die sich in wichtigen Characteren mit ihm vergleichen lassen, wird man auch diese dem tiefen Unterdevon zutheilen müssen. Auch in den Karnischen Alpen ist naeh Frech der Uebergang vom Silur zum Devon ein unmerklicher; nach dem Auftreten von Goniatiten fiele die Grenze hier in eine noch etwas tiefere Schicht, die der böhmischen Stufe E_2 entspricht. Ueber ihr folgt das Unterdevon in böhmischer Entwickelung so übereinstimmend mit dem Kalke von Konjeprus, dass an eine Identität des Horizontes, der Facies und der Meeresprovinz nicht zu zweifeln ist. Wie dort liegt eine Riffbildung vor, in der die Zweischaler und Cephalopoden zurücktreten, während Korallen, dickschalige Gastropoden und besonders Brachiopoden den Character der Fauna bestimmen.

Es ist zu erwarten, dass die über F folgenden böhmischen Schichten auch noch höheren Stufen des rheinischen Devons entsprechen; eine Parallele ist bei der durchaus verschiedenartigen Entwickelung im Einzelnen nicht durchzuführen, doch stimmen die Goniatiten der Knollenkalke von Hlubocep (G_3) in bemerkenswerther Weise mit denen des Wissenbacher Schiefers, der von Kayser und Frech für eine locale Facies des Mitteldevons gehalten wird, und das Vorkommen der bekannten Muschel Cardiola retrostriata in der Etage H würde dieser schon einen Platz im Oberdevon anweisen.

Unter den erwähnten Kalklinsen der Wieder Schiefer im Harze zeigen die meisten eiue faunistische Annäherung an die böhmische Etage F, während das isolirte Vorkommen von Hasselfelde, über dessen Lagerungsverhältnisse noch Unklarheit herrscht, sich mehr deu mitteldevonischen Knollenkalken von Hlubocep anschliesst. Die an sich schwierigen Untersuehungen werden dadurch noch complicirt, dass in manchen Meerestheilen die aus dem Ursprungsgebiet der Hercynfauna, das nach Frech im Osten, in der Gegend des Ural zu suchen ist, eingewanderten Thiere sich in Colonien noch bis in spätere Devonzeiten erhielten, solange die für die Art bestimmenden Lebensbedingungen die gleichen blieben. In völliger Uebereinstimmung mit dem uralischen Unterdevon befindet sich nur das böhmische und das der Ostalpen, je weiter sich die Wanderzüge erstreckten, destomehr lockert sich auch der Zusammenhang der Auswanderer, bis sie schliesslich nur als versprengte Typen noch inmitten einer anders gearteten Fauna auftauchen. Die grad-

weise Abschwächung der „hercynischen Charactere“ in den Faunen der Wiedaer Kalke, von Greifenstein, von Erbray in Nordfrankreich und Cabrières in Languedoc und die Unterschiede dieser Faunen unter sich mögen so ihre Erklärung finden. Ein directer Rückschluss aus einzelnen „hercynischen“ Typen auf das Alter einer Fauna ist daher nicht möglich; die Stratigraphie muss hier klärend zu Hülfe kommen. Jedenfalls gewinnt man aus dem Studium der hercynischen Fauna, welche der des rheinischen Unterdevons so fremd gegenübersteht und doch in deren Provinz hier und da auftaucht, die Vorstellung alter und wechselnder Meeresverbindungen nach einer im Osten gelegenen Provinz hin, durch welche ein Andringen dieser Fauna ermöglicht wurde, welche dann in die einzelnen Gegenden mehr oder weniger geschlossen oder in mehr vereinzelten Vertretern gelangte und sich je nach dem physikalischen Geschick des Meerestheiles, wo sie sich ansiedelte, hier längere oder kürzere Zeit erhielt, bis sie schliesslich doch von der einheimischen Thierwelt absorbirt wurde. Ein Verhältniss, wie wir es später in der Trias kennen lernen werden, dass geschiedene zoogeographische Provinzen scharf abgegrenzt in einander greifen, liegt hier nicht vor, noch weniger kann man das Verhältniss zwischen der rheinischen und der hercynischen Devonfauna etwa dem zwischen deutscher und alpiner Triasfauna vergleichen, von denen die eine die locale, die andere die Weltmeerfauna darstellt. Die rheinischen Arten reichen vielmehr weit über den Bezirk der Hercynfauna hinaus; nach den letzten Mittheilungen von Pohlig tritt das Devon selbst in den palaeozoischen Gebieten Australiens in rheinischer Ausbildung auf. Zweierlei kommt hier zusammen. Die hercynische Fauna scheint an sich einer besonderen Provinz, die im Nordosten Europas lag, anzugehören und konnte nur auf dem Wege der Wanderung zu uns gelangen. Dann aber war das Unterdevon eine Zeit weit ausgreifender Transgressionen; die Gesteine des rheinischen Schiefergebirges entstanden während einer continuirlichen Senkung des Landes. Eine Fauna, die unter ruhigen Verhältnissen zu leben gewohnt war und fast ausschliesslich an kalkige Entwickelung der Gesteine gebunden ist, konnte an sich hier nicht überall gedeihen, aber überall, wo das Meer transgredirend über die Länder griff, herrschten Bedingungen, in denen eine Küstenfauna, ähnlich der rheinischen, sich ausbreiten konnte. Wenn wir zwei von Wiener Geologen eingeführte Fremdwörter anwenden wollen, so lässt sich die Hercynfauna als ursprünglich heterotopisch und zugleich heteropisch characterisiren.[1])

1) Die in zwei geschiedenen zoogeographischen Provinzen lebenden Faunen sind heterotopisch, die unter verschiedenen physikalischen Verhältnissen innerhalb derselben Provinz lebenden heteropisch.

Unter den übrigen Devongebieten haben wir uns zunächst noch mit dem englischen zu beschäftigen, wo uns die Formation wiederum in anderer Gestalt entgegentritt.

Die normal marinen Sedimente sind in England auf das südliche Devonshire beschränkt und selbst hier durch tektonische Störungen und die Einwirkung vulcanischer Gesteine oft in einer Verfassung, welche dem Studium manche Schwierigkeiten entgegensetzt. In Norddevon ist die devonische Gruppe zwar weniger verändert, aber in so localer Ausbildung, dass für die Beurtheilung anderer Länder nur wenig Vergleichspunkte gewonnen werden können. Jenseits des Kanals von Bristol und einer in seiner Verlängerung nach Nordosten streichenden alten Gebirgsscheide kennt man die devonische Formation nur in jener eigenthümlichen Ausbildung, die als Old Red bezeichnet wurde, eigentlich als Old red sandstone, der in ähnlicher Weise das Steinkohlengebirge nach unten begrenzt, wie es der New red sandstone (Trias) nach oben abschliesst. Schon in den obersten Silurschichten bei Ludlow trifft man sichere Anzeichen, dass das Meer seichter geworden war. Die Gesteine des Old Red sind in manchen Gegenden die unmittelbare Fortsetzung dieser Ludlowschichten, so dass eine Grenze zwischen Silur und Devon hier nur künstlich gezogen werden kann, um so mehr, als die aneinanderstossenden Formationsglieder in gleicher Weise sich vom normalen Habitus der Meeresabsätze ihres Systems entfernen. Dann stellt jene characteristische Fauna des Old Red sich ein, aus der alle Typen silurischer Meeresthiere ausgemerzt scheinen, während nur die abweichenden Gestalten jener Uebergangsschichten geblieben sind, unter denen die mit starken Knochenschildern gepanzerten Fische besonders auffällig hervortreten. Zahlreiche Landpflanzen weisen auf benachbarte Küsten, und auch die bis 2000 Meter anschwellenden Anhäufungen der vulcanischen Ergussgesteine, Felsitporphyre, Porphyrite und ihrer Tuffe, deuten die enge Beziehung zum Festlande an. Die englischen Geologen halten die ganze Old Red-Formation für eine dem Festlande angehörende, in grossen Binnenseen entstandene Bildung; ein solches Becken erstreckte sich, dem Strande des devonischen Meeres genähert, vom Süden Irlands über Hereford und Süd-Wales (Geikie's Welsh Lake), ein anderer bedeckte das mittlere Schottland (Lake Caledonia) und ein noch gewaltigeres Becken reichte vom nordöstlichen Schottland über die jetzigen Orcaden und Shetland-Inseln zu den Lofoten und der norwegischen Küste, wo die Gesteine des Old Red noch einmal auftreten (Lake Orcadia). Kleiner, aber immerhin noch bedeutend, waren die Seen von Cheviot und Lorne. Mit Ausnahme von Herefordshire, wo die über 10 000 Fuss mäch-

tigen Sandsteine und Conglomerate eine Theilung nicht erkennen lassen, kann man eine obere und eine untere Abtheilung trennen, die durch eine Discordanz der Schichten geschieden sind. Wie sich die untere untrennbar mit dem Silur verknüpft, so geht die obere in das ältere Steinkohlengebirge über. Im Nordosten Schottlands ruht aber das Oldred ungleichförmig über einer Basis von alten Gneissen, deren Biegungen und Falten scharf gegen die horizontalen Flötze des Sandsteins contrastiren.

Auch auf Spitzbergen ist Devon in der Facies des Old red nachgewiesen; hier bezeichnet es wohl einen Ausläufer des russischen Beckens, dessen Spuren sich vom Süden des grossen Reichs bis zum Eismeere verfolgen lassen. Ein richtiges Urtheil über die wahre Natur dieser Facies lässt sich nur unter Berücksichtigung der von den russischen Fachgenossen, besonders von Tschernyschow und Karpinsky ausgeführten Arbeiten gewinnen. Man sieht dann, dass es sich nicht um isolirte Süsswasserseen, sondern um flache, mit dem Oceane zusammenhängende Meerestheile handelt, etwa der Ostsee zu vergleichen.

Während der Silurzeit hatte sich das Meer vom Ural weit nach Westen zurückgezogen, und ausser dem baltischen und polnisch-podolischen Becken finden sich Anzeichen von Meeresbedeckung nur im Timan und weit im Osten, an den Lenamündungen. Die Eurypterenschichten von Oesel deuten, wie die entsprechenden englischen und amerikanischen Gesteine, eine starke Verflachung des Wassers an. Dann entschwand das Meer ganz aus dieser Gegend. Inzwischen brach das Meer vom Norden her über Sibirien herein; vom Altai her drang es bis westlich des Urals und seine Westküste reichte, etwa in der Richtung des heutigen Gebirgszuges, bis Orenburg hinunter und von dort in einem grossen Bogen bis zum Aralsee und weit nach Centralasien hinein. Das war das Meer der Unterdevonzeit, dessen Fauna trotz der gewaltigen Entfernung von der mitteleuropäischen viele mit dieser gemeinsame Arten hat. Dann scheint eine Senkung der ganzen russischen Tafel erfolgt zu sein, deren Wirkungen bis zum Kaspischen Meer und in die Nähe des Asowschen zu verfolgen sind; von allen Seiten, besonders von Osten und von Norden drang das Meer ein und so entstand das gewaltige mittelrussische Becken und in ihm jene Seichtmeerbildungen, deren Fauna so deutlich den Stempel der Isolirung trägt. Die Schichten streichen in Kurland nnd Livland gegen das Meer aus; dieselbe Facies kehrt in einem Theile Englands als Oldred wieder, und eine kleine Scholle dieses Gesteins in Südschweden deutet eine, wenn auch schmale, Verbindung mit dem russischen Gebiete an, die, wenn sie auch nicht immer bestand, doch schon zur Er-

klärung faunistischer Uebereinstimmungen angenommen werden muss. In manchen Gegenden, z. B. in Nordamerika und auch in England zum Theil, bedeutet das Eintreten der Oldred-Facies eine Verflachung und Verringerung des Meeres, in anderen, wie in Russland, seine Ausbreitung über weite, flache Senken. Durch zwei principiell verschiedene Bewegungen wird hier dasselbe Resultat erreicht, die Bildung seichter Meere, welche durch zahlreiche, zuströmende Flüsse eine Verminderung ihres Salzgehaltes erleiden konnten und zugleich allmählich mit groben Sedimenten ausgefüllt wurden. Dass je nach den Oertlichkeiten der Salzgehalt dieser Meere sehr verschieden war, beweisen die Ablagerungen von Gyps und Salz im russischen Becken, die nur aus grösserer Concentrirung des Wassers resultiren können. Ein ähnliches Schwanken im Salzgehalte offenbart sich in der wechselnden Beschaffenheit der Gesteine und der Fauna der deutschen Trias, und ähnlich wie hier macht sich auch ein Rückschlag der physikalischen Sonderstellung auf die Fauna bemerklich. Goniatiten, Clymenien und Trilobiten sind nirgends eingewandert, von Brachiopoden fehlen in Russland z. B. die wichtigen Gattungen Stringocephalus und Uncites, während wiederum die nur marin bekannten Conularien selbst im englichen Oldred gefunden sind.

Unter den aussereuropäischen Gebieten ist vor allen das nordamerikanische hervorzuheben, von welchem durch Hall eine ähnlich classische Schilderung geliefert ist, wie durch Barrande von dem böhmischen Silur. Es beginnt in New-York über den besprochenen, salzhaltigen Schichten des Obersilurs, die man mit der Oesel'schen Gruppe vergleichen kann, im Under Helderberg mit einer Fauna, die dem Silur noch eng verknüpft ist und mit ihren zahlreichen Capuliden an die Hercynfacies des östlichen Devonmeeres erinnert. Die Beziehungen zwischen europäischer und nordamerikanischer Ausbildung sind stärker, als man oft angenommen hat, und sie beweisen, dass ein beständiger Austausch möglich war. Dennoch bleiben die beiden Provinzen im Ganzen sehr selbständig, und die verschiedenen Stufen, in die das nordamerikanische Devon getheilt ist, lassen sich nur im Allgemeinen vergleichen. Die Aehnlichkeit steigert sich nach oben hin; im Hamiltonkalk finden wir viele Arten, welche solchen des Eifelkalks entsprechen oder mit ihnen ident sind, und der Tully-Kalk und Genessee-Schiefer beherbergen die Fauna unserer oberdevonischen Goniatitenkalke. In den tieferen Schichten sind Goniatiten selten; ihre Einwanderung scheint ziemlich spät von Osten her erfolgt zu sein.

Die von Hall und seinen Mitarbeitern aufgestellte Reihenfolge der Schichten gilt aber nicht für das ganze ausgedehnte Gebiet. Auch hier

lassen sich wie im Silur und später im Carbon verschiedene Provinzen unterscheiden, die mehr oder weniger in faunistischer wie stratigraphischer Beziehung differiren. Die acadische Provinz weicht am meisten von den anderen ab; das Devon erscheint in litoraler Facies und ist oft nur schwer von ähnlichen carbonischen Ablagerungen getrennt zu halten. Auch längs der Appalachen herrschen im Devon die sandigen und schiefrigen Gesteine vor, nehmen aber nach Westen rasch ab, bis in Jowa das ganze Devon nur von 200 Fuss Schiefern und Dolomit repräsentirt ist. In Michigan bilden unten Kalke, oben Schiefer das Devon, während südlich von Jowa und Michigan der Kalk sich auskeilt und in der Mississippi-Provinz nur eine wenig mächtige Zone schwarzen Schiefers übrig bleibt, die in Süd-Tenessee und längs des westlichen und südwestlichen Randes des Ozark-Sattels sich ganz verliert.

In Südamerika stand zu devonischer Zeit das Meer über einem grossen Theile des heutigen Continentes; man kennt devonische Ablagerungen aus Bolivia, vom Titicacasee, aus Pará, Paraná, Matto Grosso und dem Amazonasbecken. Bis jetzt sind nur litorale Bildungen bekannt geworden, und wie hiernach und den grossen Entfernungen, um die es sich handelt, zu erwarten, ist die Parallelisirung mit anderen Gegenden keine leichte. Ulrich, der die von Steinmann gesammelten Materialien neulich bearbeitet hat, erkannte die allgemeine Uebereinstimmung mit den Verhältnissen in Nordamerika; einige der auffallendsten Brachiopoden, wie Leptocoelia flabellites und Vitulina pustulosa, sind beiden Regionen gemeinsam. Eigenthümlich ist aber für Südamerika die Mischung von Typen, die in Nordamerika auf zwei Stufen vertheilt sind, und dieser Zug scheint sich auf die kleine Fauna der Falklandinseln wie auf das südafrikanische Devon zu übertragen. Die an Versteinerungen reichen Iclaschiefer Boliviens würden ihrer Fauna nach ausser dem Upper Helderberg auch noch einen Theil der Hamiltongroup umfassen, also sich im Unter- und Mitteldevon gebildet haben; oder aber einige der für das südamerikanische Devon bezeichnenden Gruppen und Arten drangen allmählich nach Norden und bürgerten sich hier etwas später ein. Nach Europa und Asien konnten solche Formen, also etwa die Vitulinen, schwerer und wohl nur über Nordamerika kommen; die beiden genannten Brachiopodengattungen fehlen hier (im Silur ist Leptocoelia vorhanden), während sonst die Beziehungen zwischen europäischem und nordamerikanischem Devon unverkennbar nahe sind, besonders zur Zeit des typischen Mitteldevons. Das nordamerikanische Devon steht also gleichsam in der Mitte zwischen dem europäischen und dem südamerikanisch-afrikanischen; beide sind ihm sehr ähnlich, aber mit einander verglichen, ist der Abstand ziemlich gross. Ulrich verlegt

die Verbindung der genannten Gebiete quer über den pacifischen Ocean, und nimmt daneben eine Verbindung von geringerer Ausdehnung an, welche einen beschränkten Austausch von Arten nach Europa-Asien, bis in die Gegend des Bosporus hin, gestattet. Jenes offene pacifische Becken bedingte nach ihm den kosmopolitischen Character der chinesischen Devonfauna, das Auftreten nordamerikanischer Formen am Ural und auf der neusibirischen Insel Kotelny, die Einwanderung einer europäischen Fauna in Canada und den hochmarinen Character der Devonablagerungen in Nevada.

Der pacifische Ocean ist unbedingt von grösster Bedeutung für die Vertheilung des palaeozoischen Meeresfaunen; er gleicht einem grossen Reservoir, von dem aus die auf die Continente vorgedrungenen randlichen und flacheren Meere gespeist werden. Eine Durchquerung dieser uralten Wasserwüste ist aber wohl niemals einer Fauna möglich gewesen, sondern immer haben die Küsten und Inselgruppen als Leitlinien gedient. Das tiefe, weite Meer ist eine Barrière, keine Brücke zwischen zwei Provinzen. Ferner aber bleibt es evident, dass der Austausch zwischen Nordamerika und Europa ein ausserordentlich reger war, und dass, wenn auch weder ein nordatlantischer noch ein südatlantischer Ocean existirte, doch ein breites Meer diesen Austausch vermittelte. Man vergleiche die Fauna unseres Eifelkalkes mit der Hamiltonfauna, und man gehe in noch ältere Zeiten, bis ins Cambrium zurück, immer tritt uns die Verwandtschaft der west- und ostatlantischen Faunen bedeutend entgegen. Wie die directe Verbindung der südamerikanisch-afrikanischen Fauna zum Bosporus hin sich zu dem von mir vorausgesetzten mittelatlantischen Meere verhält, ist schwer zu sagen. Unter den Formen, auf die sich Ulrich bei dieser Annahme stützt, kommt wenigstens die Gruppe des Bellerophon trilobatus auch im Unterdevon Nordamerikas sicher vor.

In den devonischen Meeren lebte im Ganzen die uns bekannte Thierwelt des Silurs in ruhiger Fortentwickelung weiter, besonders dort, wo auch die Gesteinsfolge lückenlos ist. Von den niedrigsten Thieren, den Protozoen und Spongien, ist wenig überliefert; das grosse Dictyophytum wäre unter letzteren hervorzuheben. Korallenbauten sind die Ursache mächtiger Gesteinsanhäufungen geworden und neben ihnen, unter denen die Cyathophyllen (Fig. 41) an Bedeutung alle anderen überragen, treten, wie im Silur, auch die zu den Hydractinien gehörenden Stromatoporen als Riffbildner auf. Unter den Einzelkorallen fällt die Calceola sandalina auf; das Thier sonderte einen kalkigen Deckel ab, der den Kelch genau verschliesst (Fig. 42). Diese Eigenthümlichkeit ist jetzt auch noch von anderen Gattungen bekannt; früher mass man ihr so viel

Bedeutung bei, dass man das Fossil zu den Muscheln oder Brachiopoden stellen zu müssen glaubte. Die schönen Formen der Seelilien siedelten sich gern an diesen Riffen an, und ihre zerfallenen Gerüste bildeten mit dem von den Riffen herabrieselnden Korallengrus und den Gehäusen riffbewohnender Mollusken ganze Schichten. Die Cystideen sind schon im Aussterben, die echten Crinoideen aber durch eine Fülle neuer Arten und Geschlechter vertreten. Von den Cystideen zweigte sich schon im Silur die kleine Gruppe der Blastoideen ab, die im Devon, obwohl schon typisch entwickelt, doch noch sehr im Hintergrunde steht und erst im Carbon einen raschen Aufschwung nimmt und zugleich ihr Ende findet. Die Seeigel zeigen sich in einigen alterthümlichen Formen, durch den Besitz zahlreicher, verschieblicher Täfelchenreihen ausgezeichnet, gehören aber zu den selteneren Funden. Wichtiger sind die Seesterne.

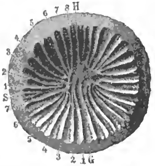


Fig. 41. Hallia fasciculata Frech.

Aus dem Mitteldevon der Eifel. 2 : 1. Kelch einer rugosen Koralle aus der Familie der Cyathophylliden, von oben. *H* Hauptseptum, *G* Gegenseptum, *S* Seitenseptum. Die Zahlen bezeichnen die Nebensepta (erster Ordnung) und zugleich die Reihenfolge der Anlage. Die Nebensepta zweiter Ordnung sind als Dornenreihen entwickelt. Die Viertheiligkeit u. zugleich die bilaterale Symmetrie des Kelches tritt deutlich heraus. (Nach Frech).

Die Kenntniss der devonischen Seesterne ist in ungeahnter Weise bereichert, seitdem man gelernt hat, die Versteinerungen der unterdevonischen Schiefer von Bundenbach von dem zäh anhaftenden Gestein zu reinigen,

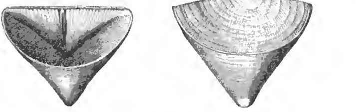

A *B*

Fig. 42. Calceola sandalina.

Eine deckeltragende, rugose Koralle aus dem Mitteldevon der Eifel. *A* ohne, *B* mit Deckel. Nat. Grösse. (Nach F. Roemer.)

das wie ein dünnes Tuch die Einzelheiten des Baues verhüllt und nur die Umrisse hervortreten lässt. Bis dahin kannte man nur wenige Reste, jetzt sind durch Stürtz allein 18 Gattungen von jener Fundstelle beschrieben. Es ist nicht zu erwarten, dass devonische Asteroideen uns über die Stammesgeschichte

der Classe aufklären, da Seesterne schon im Cambrium gefunden und sicherlich neben den Cystideen die ältesten Typen des Echinodermenstammes sind. Man theilt die lebenden Asteroideen bekanntlich in Asteriden oder Stelleriden (eigentliche Seesterne) und in Ophiuriden oder Schlangensterne; bei jenen treten die Eingeweide in die Arme, die also Anhänge der Leibeshöhle enthalten, bei diesen sind die Arme scharf abgesetzt und nur vom Wassergefässe und Nerven durchzogen. Dem entspricht es, dass bei Stelleriden die vom Integument abgesonderten Kalkplatten weniger stark entwickelt sind als bei den Ophiuren, deren Arme ausschliesslich in den Dienst der Bewegung gestellt sind. Die eigentlichen Seesterne kriechen langsam, mit Hülfe der Saugfüsschen, schwimmen aber besser als die Ophiuren, weil die weicheren, nur ventral gepanzerten, breiten Arme ähnlich gebraucht werden können, wie die Flossen der Fische. Die Ophiuren schlängeln sich mit ihren runden Armen gewandt über den Boden, krümmen sich nach jeder Richtung und umklammern andere Gegenstände. Die plattenförmigen Ambulacraltafeln der Seesterne, zwischen denen die geschwellten Füsschen austreten, sind hier zu hohen, vertical gedehnten Gebilden geworden, von denen je zwei zu einem Wirbel verwachsen. Sie füllen im Querschnitt die ganze Höhlung des Armes bis auf geringe Lücken für die Gefässe und sind unter sich durch starke Muskeln verbunden zu einem elastischen Axenorgan, das in der That wohl den Vergleich mit der Wirbelsäule verdient.

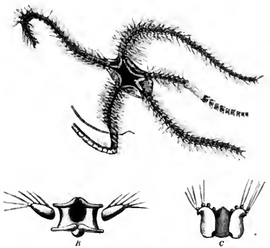


Fig. 43. Ophiura primigenia Stürtz.

Aus dem unterdevonischen Schiefer von Bundenbach. *A* Vollständiges Exemplar von der Unterseite (etwas verkleinert). *B* Ein innerer Wirbel nebst den Seitenschildern von oben. Vergrössert. *C* Bauch- und Seitenschilder von unten. Vergrössert. (Nach Stürtz).

Ophiuren und Stelleriden sind in ausgeprägter Form zur Devonzeit vorhanden. Von letzteren mag Astropecten hervorgehoben werden, weil die Gattung noch heute lebt, von Ophiuren die Ophiura primigenia (Fig. 43) und O. Decheni, die sich nur durch den Mangel der sog. Mundschilder von lebenden Ophiuren

unterscheiden. Etwas weniger vollkommen entwickelt erscheint uns die Gattung Ophiurina, deren Ambulacralplatten noch nicht zu Wirbeln ausgedehnt sind, sondern aus stabförmigen, nur an den vorderen Enden verwachsenen Hälften bestehen; auch fehlt ihnen der Rückenpanzer. Genau denselben Bau zeigen aber die in der Tiefsee entdeckten und von Lyman beschriebenen Ophiotholia, Ophiogeron u. a. Eine eigenthümliche Armmusculatur setzt die recente Ophiotholia in den Stand, die Arme senkrecht zur Scheibe zu erheben, und dieselbe Befähigung können wir nach der Erhaltungsweise bei der devonischen Bundenbachia voraussetzen. Noch weiter zurück in der morphologischen Entwickelung stehen die von Stürtz in seiner Gruppe der Ophio-Encrinasteriae vereinigten Formen (Fig. 44.) Ambulacralwirbel sind nicht vorhanden, sondern werden wie bei Ophiogeron etc. durch stabförmige, nicht verwachsene Harttheile (Ambulacralplatten) vertreten, die ausserdem alternirend gestellt sind. Dorsalschilder fehlen auch hier (und sind überhaupt bei palaeozoischen Seesternen noch nie beobachtet). Diese alternirende Stellung ist von ausserordentlicher Wichtigkeit; sie ist auch bei vielen palaeozoischen Stelleriden beobachtet (Fig. 45), die auf Grund dieses Merkmales als Encrinasteriae zusammengefasst sind, aber es muss gesagt werden, dass Stürtz selbst Angaben macht, welche die Sicherheit weitergehender Schlüsse gefährden. „Unter weit über 100 von mir untersuchten Encrinasteriae von Bundenbach befanden sich verhältnissmässig wenige, deren Wirbel auf einer ganzen Armlänge überall alternirend standen, und unter ebensoviel echten Stelleriden von derselben Fundstelle kamen oft Exemplare vor, deren ambulacrale Theile hier und da in Wechselstellung zu einander standen.“ Nach alledem scheint Vorsicht in der Beurtheilung dieses eigenthümlichen Verhaltens angezeigt. Bei allen lebenden Seesternen liegen die Ambulacralplatten correspondirend, nicht alternirend, und die Ambulacralfüsschen treten demgemäss paarweise auf gleicher Linie aus. Diese Gliederung der Arme ist von Häckel, Gegenbaur u. a. als Metamerenbildung aufgefasst, jeder freie Arm mit dem Hintertheil eines Wurm-



Fig. 44. A—C. Palaeophiura simplex Stürtz.

Eine Ophio-Encrinasterie aus dem unterdevonischen Schiefer von Bundenbach. *A* Von unten, *B* ein Armglied von unten, *C* von oben (vergrössert). Die Wirbelhälften sind alternirend gestellt. *D* Ein Armglied des lebenden Ophiogeron supinus Lyman von oben (vergrössert). Die Wirbel getheilt, aber die Hälften correspondirend gestellt. (Nach Stürtz.)

körpers verglichen. Die Anlage der Arme, die bei Seesternen aus einem gemeinsamen, cystideenähnlichen Rumpf hervorsprossen, ist verglichen mit einem Sprossungsprocess mehrfacher Einzelthiere, die nicht zu einer vollständigen Trennung der letzteren hinführt. Diesem Ideengange, der auch unter den Zoologen kaum noch Anhänger zählt, weiter zu folgen, ist hier nicht der Ort; verschiedene Merkmale treffen zusammen, die Organisation der Seesterne als eine sehr ursprüngliche ansehen zu lassen, sodass man wohl daran denken konnte, sie als Urtypus aller Echinodermen aufzufassen. So legt, um nur eins herauszugreifen, das Nervensystem unmittelbar unter der

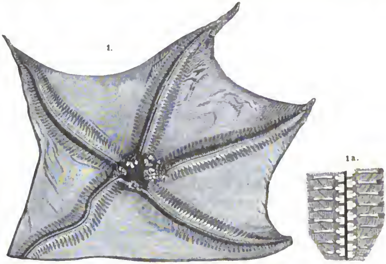


Fig. 45. Loriolaster mirabilis Stürtz.
Eine Encrinasterie aus dem unterdevonischen Schiefer von Bundenbach. 1 Vollständiges Exemplar von unten, 1 a vergrösserte, etwas schematisirte Darstellung des Armskelettes. (Nach Stürtz.)

Körperhaut, unter dem Epithel der Ambulacralrinne und bei Ophiuren entsprechen jedem „Metamer“ Ganglienzellen, die durch einen Querstrang verbunden sind. Es erinnert jeder radiale Stamm an das Bauchmark der Annulaten. Kam aber den alten Asteroideen, wie es nach Stürtz's Untersuchungen der Fall zu sein scheint, eine alternirende Stellung der Ambulacralplatten und damit auch der Ambulacralfüsse und der ihnen attachirten Organe zu, aus der erst später die correspondirende sich entwickelt, so liegt überhaupt keine ursprüngliche Metamerenbildung vor. Und der letztere Fall ist in Hinblick auf die Morphologie der Ambulacralfelder bei andern Echinodermen, besonders aber bei Cystideen, der durchaus wahrscheinlichere.

In der Verwandtschaft mehrerer Ophiuren der Bundenbacher Schiefer

mit solchen lebenden Arten, die vom „Challenger" aus abyssischen Meerestiefen geholt sind, hat man einen Beweis für den Tiefseecharacter dieser Bildungen zu finden geglaubt. Ophiohelus, Ophiogeron und Ophiambix wurden gefischt in 1350 Faden, Ophiotholia in 1825 Faden Tiefe, und Lyman bemerkt dazu; „Wenn diese Arten fossil gefunden werden sollten, so ist anzunehmen, dass sie in grosser Meerestiefe lebten und von kaltem Wasser bedeckt waren, welches starken Druck ausübte." Das mag für die Arten gelten, nicht aber für die allgemeinere Verwandtschaft. Mir scheint aus diesen Thatsachen nur hervorzugehen, dass von der im Devon herrschenden Gruppe der Ophiuren sich einige in die Tiefsee gezogen und hier erhalten haben, während sie in den Litoralzonen durch andere günstiger organisirte Formen ersetzt wurden. Die Einwanderung in die Tiefsee hat sich zu allen Zeiten vollzogen und vollzieht sich noch heute; die Tiefseebewohner sind keineswegs ältere Typen wie die Küstenarten. Die Sedimente können in den grossen Tiefen der Oceane nur langsam anwachsen und oft ist der Boden nur von den härtesten Theilen der Organismen bedeckt, welche der Lösungskraft des kohlensäurereichen Wassers getrotzt haben, während verfestigende Substanz sehr zurücktritt. Die Art und Weise, wie in den Hunsrückschiefern die Versteinerungen vorkommen (zweiklappige Schalen, zusammenhängende Trilobitenkörper, vollständige Seesterne und Seelilien), lässt aber auf reichlich zugeführten Detritus und sehr rasche Umhüllung schliessen. Dasselbe gilt für die tertiären Dachschiefer mit den prächtigen Fischskeletten. Wir werden später auf dieses Thema zurückzugreifen haben.

Brachiopoden gehören wie im Silur zu den häufigsten Formen der Thierwelt und setzen manche Gesteine fast ausschliesslich zusammen. Die Gattungen Orthis, Spirifer und Rhynchonella (Fig. 46) stehen im Vordergrunde, doch auch Pentamerus, Merista, Stringocephalus, Uncites u. a. liefern characteristische und besonders als sichere Leitfossilien wichtige Arten. Nach den Ausführungen im vorigen Capitel brauchen wir auf die Mollusken nicht näher einzugehen; Schnecken und Zweischaler, aus denen wir die weit verbreitete, den Aviculiden oder Perlmuscheln verwandte Gattung Pterinea (Fig. 47) namentlich hervorheben, bieten dasselbe Bild wie in den letzten Phasen der Silurzeit.

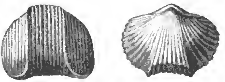


Fig. 46. Rhynchonella cuboides Roemer.
Aus dem Oberdevon des Iberges bei Grund. Nat. Grösse. Nach F. Roemer.)

Unter den Cephalopoden wollen wir nur noch das plötzliche Auftreten ammonitenähnlicher Formen hervorheben, dem sich gegen Ende der Devonzeit das ebenso überraschende Auftauchen der verwandten Clymenien an die Seite stellt. Wir lernen daraus, dass wir aus grossen palaeozoischen Meeresräumen, wo diese Thiere sich entwickelten, keine Nachrichten haben; sie treten uns mit allen Eigenthümlichkeiten eines neuen Typus und ohne jede Anknüpfung an die alten Nautiliden entgegen, markante Beispiele einer sogenannten Invasion fremder Typen in neue Provinzen. Es ist das Echo bedeutender tektonischer Vorgänge in weiter Ferne, welches auch von diesen unberührte Gegenden erreichte.

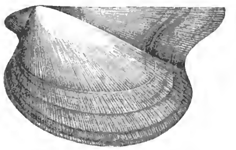


Fig. 47. Pterinea lineata Goldfuss. Aus dem Unterdevon. (Nach F. Roemer.)

Wir wissen weder, wo die Ammonitidier sich entwickelten, noch kennen wir ihre Vorfahren. Von allen Nautiliden sind sie unterschieden durch die aufgetriebene kalkige Anfangsblase, die wohl der häutigen Protoconcha jener

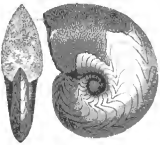


Fig. 48. Goniatites intumescens Beyrich. Aus dem unteren Oberdevon. (Nach F. Roemer.)

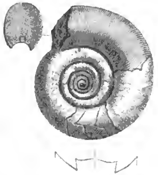


Fig. 49. Clymenia undulata v. Münster. Aus dem oberen Oberdevon. (Nach F. Roemer.)

entspricht. Vermuthlich haben wir auf orthocerasähnliche Gestalten zurückzugreifen. Nun giebt es mitteldevonische Ammonitidier, die ganz grade Röhren, wie ein Orthoceras bilden, aber mit dem Sipho, den Scheidewänden und der Embryonalschale der Goniatiten. Entsprechend der Entwickelung der Nautilidier müsste an diese jenes Stadium sich anschliessen, in welchem die Röhre eine offene

Spirale bildet. Das kennen wir nun zwar nicht, aber z. B. bei Goniatites (Mimoceras) compressus kann man beobachten, dass wenigstens die erste Windung die Gyrocerasform hat, während später sich die Spirale schliesst. Die Umgänge, die bei Gyroceras (Fig. 50) und auch in dem entsprechenden Stadium bei Mimoceras compressum gerundet, cylindrisch sind, nehmen die deprimirte Halbmondform des Querschnittes an, die in der Gruppe Anarcestes herrschend wird, und diese wird dann zum Ausgangspunkt aller späteren Ammonitidier. Indem die Eigenschaften der Vorfahren in immer früheren, embryonalen Stadien auftreten, werden sie allmählich aus der Entwickelungsgeschichte der Nachkommen entfernt; nach diesem allgemein gültigen Gesetz tritt auch bei den jüngeren Ammonitidiern das Gyrocerasstadium in der Ontogenese nicht mehr auf. Bactrites, Mimoceras und Anarcestes lebten neben einander, die aufgestellte Reihe ist also in erster Linie nur morphologisch. Man könnte behaupten, dass Bactrites, die stabförmige Gattung, eine durch Streckung aus der geschlossenen Spirale abgeleitete wäre, aber es ist ersichtlich, dass bei der Annahme dieses Entwickelungsganges das Gyrocerasstadium in der Ontogenese des Mimoceras unerklärt bleibt.

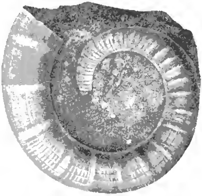


Fig. 50. Gyroceras nodosum Goldfuss.
Aus dem Mitteldevon der Eifel. $1/2$ nat. Grösse.
(Nach F. Roemer.)

Die Clymenien kann man als Goniatiten auffassen, deren Sipho statt längs der Aussenseite an der Innenseite der Windungen läuft. Die von Branco klargelegte Ontogenese lässt diese Anschauung wohlbegründet erscheinen.

Mit Übergehung der Crustaceen, von denen die Trilobiten in den rein marinen Schichten, die Eurypteren und Verwandte im Oldred noch immer eine bedeutende Rolle spielen, wenden wir uns noch einmal den Wirbelthieren dieser entlegenen Zeit zu.

Unter den Fischen der devonischen Meere begegnen wir einer grossen Mannichfaltigkeit, welche mit darin beruht, dass verschiedene Gruppen in annähernd gleicher Stärke um die Herrschaft streiten. Noch hat nicht eine alleiniges Übergewicht, wie in unseren Gewässern die Knochenfische, deren er-

drückende Formenfülle und Individuenzahl die starken, furchtbar bewehrten, klugen, aber viel langsamer sich vermehrenden Haifische vergeblich zu vermindern bestrebt sind, während die Schmelzschupper (abgesehen von den Stören) vollständig aus dem Meere verdrängt sind und nur in einzelnen Flüssen warmer Himmelsgegenden als letzte Reste einer untergegangenen Gruppe fortleben.

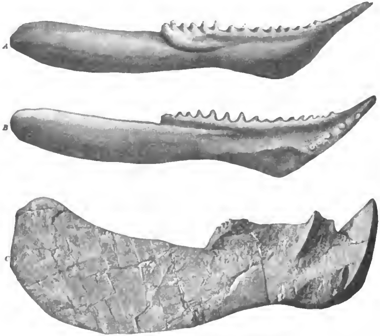


Fig. 51. *A* Diplognathus mirabilis Newberry.
Unterkiefer (Dentale) von der Aussenseite, *B* von der Innenseite. 1/1 nat. Gr. *C* Dinichthys intermedius Newberry. Unterkiefer von der Innenseite. 1/3 nat. Gr. Aus dem Clevelandshale (Oberdevon), Sheffield, Lorain Co., Ohio. (Nach Newberry.)

Die ungefügen Formen der Placodermen, welche in Menge in den devonischen Gesteinen der russischen Ostseeprovinzen eingebettet liegen und deren verknöcherte Panzer eine Hauptzierde der Dorpatenser Sammlung bilden, scheinen allerdings gegen Anfang der Carbonzeit unsere europäischen Gewässer verlassen zu haben oder hier wirklich ausgestorben zu sein, während sie in Nordamerika erst im Kohlenkalk gegen die Haifische zurücktreten. Aus den nordamerikanischen Clevelandshales (Oberdevon) beschrieb Newberry die grossen Dinichthys (Fig. 51) und die mächtigen Titanichthys, deren vorn

breit abgerundete, flache Köpfe gegen fünf Fuss breit und über drei Fuss lang waren. Wenn die Placodermen in der That in der Carbonzeit ausstarben, und man hat noch niemals ihnen vergleichbare Fische in später gebildeten Ablagerungen gefunden, so haben wir hier wieder ein Beispiel der sich mehrfach wiederholenden Erscheinung, dass das Erlöschen einer ganzen Gruppe mit auffallender Grössenzunahme der Arten verbunden ist, als mache die Organisation der Thiere noch einen letzten machtvollen Versuch, den Anforderungen des Lebens gerecht zu werden, um dann ebenso rasch zu collabiren. In anderen Fällen wieder könnte man zu der Annahme gelangen, dass eine gewisse Entwickelungsrichtung von dem Organismus zu bereitwillig eingeschlagen ist und zu viel auf die Ausbildung und Vergrösserung bestimmter Körpertheile verwendet wird im Verhältniss zum nothwendigen Gleichgewicht des Gesammtorganismus. Solange die Lebensbedingungen sich ähnlich bleiben, geht diese Entwickelung unaufhaltsam vorwärts und führt zu Hypertrophie der einen, zur Resistenzlosigkeit anderer Theile. Einem Wechsel der Lebensbedingungen vermag der Körper nicht mehr zu folgen, da jene überflüssig und beherrschend, diese energielos geworden sind. Bis zu einem gewissen Grade gilt das auch von der Vergrösserung des Körpers im Allgemeinen, wenn das Durchschnittsmass erheblich überstiegen ist, während mittelgrosse und kleine Arten ihre unscheinbare Existenz länger erhalten mit Unrecht ist diese thatsächliche Beobachtung häufig dahin ausgelegt, dass eine Verkümmerung dem Aussterben vorangegangen sei, während es sich in der That um ein längeres Aushalten der kleinen Formen handelt.

Zu der schon im vorigen Capitel berührten Frage über die zoologische Stellung der Placodermen seien hier noch einige Bemerkungen nachgetragen.

Man könnte sagen, dass alle Stämme der Wirbelthiere, so lange sie noch keine Beziehung zum Landleben gewonnen haben, Fische waren, d. h. durch die seit ihrer Abzweigung aus unbekannten, wahrscheinlich ebenfalls marinen Vorfahren nicht unterbrochene Gewöhnung an den Aufenthalt im Wasser und an das Schwimmen eine Gemeinsamkeit des körperlichen Ausdrucks gewonnen haben, welche vielmehr eine Function des Mediums als das Zeichen engerer Verwandtschaft ist. Die Zoologen haben den Lanzettfisch und die Lampreten und Neunaugen nicht allein von der alten Linné'schen Classe der Fische abgetrennt, sondern sie sogar allen anderen Wirbelthieren gegenüber gestellt. Neuerdings bringt man, und nach meiner Ansicht mit vollem Recht, auch die Haifische und ihren Anhang in einen schärferen Gegensatz zu den übrigen Fischen. Insofern wird man streiten können, ob die Einreihung der Placodermata unter die Fische, blos auf Grund ihrer

äusseren Gestalt, die im Einzelnen wie bei Bothriolepis doch wieder weit vom Fischtypus sich entfernen kann, eine glückliche ist; dass aber die Placodermata dem Wirbelthierstamme angehören, darüber kann keine Debatte stattfinden. Noch kennen wir überhaupt kein Beispiel aus der Paläontologie, welches eine Brücke über die tiefe Trennungskluft zwischen den grossen Phylen schlüge, vielmehr scheint es, dass diese seit cambrischen Zeiten völlig gesondert ihre Entwickelungswege wandeln.

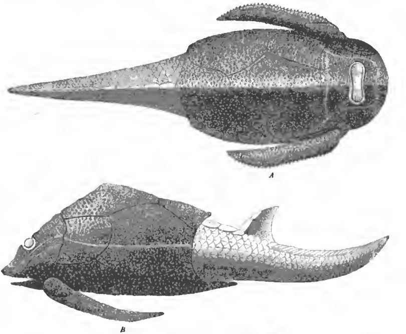


Fig. 52. Pterichthys cornutus Agassiz.
Aus dem Oldred von Schottland. Reconstruirt, wesentlich nach Traquair. $1/2$ nat. Gr. *A* von oben, *B* von der Seite gesehen.

Nachdem man in früheren Zeiten schon einmal den Versuch gemacht hatte, die Pterichthys u. s. w. zu Krustenthieren zu stempeln, sind aus den letzten Jahren zwei bemerkenswerthe Stimmen von Naturforschern zu verzeichnen, welche ihre Stellung unter den Wirbelthieren als irrig darzuthun streben. Cope verglich sie mit den Mantelthieren, speciell mit Chelyosoma, W. Patten mit den Arachnoideen, zu denen er auch die Trilobiten und Merostomata (Eurypterus u. s. w.) rechnet. Wenn wir hören, dass unter den Arachnoideen die Vorfahren der Wirbelthiere zu suchen sind, so tauchen Oken'sche

Ideen wieder vor uns auf, die für vergeben und vergessen gelten sollten. Die durch die Augenhöhle gekennzeichnete Seite eines Pterichthys wird auf unzulängliche Analogien, mehrfach auf direct irrige Annahmen hin als Bauchseite aufgefasst und dann weiter geschlossen, dass Pterichthys, Bothriolepis u. s. w. den Arachnoideen näher verwandt seien als den Wirbelthieren, da ihre Augen auf der haemalen Seite stünden. Das heisst man im Grunde einen Circulus vitiosus. Wir brauchen nur einen Blick auf die nach Traquair's genauen Forschungen zusammengestellte (Fig. 52) zu werfen, auf den mit Kielschuppen bedeckten Schwanz, die unpaare Flosse und das nach oben gekrümmte Ende, an dessen convexe Seite sich nach A. S. Woodward noch eine Schwanzflosse inserirte, um zu wissen, wo die haemale und wo die neurale Seite liegt, und uns zu überzeugen, dass es sich, wenn nicht um eine echten Fisch, so doch um ein fischartiges Wirbelthier handelt. Bei Bothriolepis ist ein Schwanz noch nicht beobachtet; da dieses Thier aber sonst mit Pterichthys fast übereinstimmt, so kann man Angesichts der Thatsachen nur folgern, dass, da sein Schwanz sich in den bis jetzt bekannt gewordenen Fällen nicht beobachten liess, er wahrscheinlich nicht von Schuppen bedeckt und in Folge seiner Weichheit und der Nichtverknöcherung der Chorda wohl überhaupt nicht erhaltungsfähig war. Von Coccosteus (Fig. 53) kennt man das Axenskelett, ebenso von den Cephalaspiden, und wenn man diese Formen auch in verschiedene Ordnungen bringt, zu den Wirbelthieren gehören sie alle.



Fig. 53. Coccosteus decipiens Agassiz.
Aus dem Old Red von Stromness, Orkney. — Reconstruction, wesentlich nach Traquair. 1/3 nat. Gr.

Cope, der anfänglich geneigt war, die dorsale Öffnung bei Bothriolepis dem Munde der Tunicaten, speciell von Chelyosoma zu vergleichen, und die Platte, welche diese Öffnung in zwei zertheilt, als Mundklappe (median valve of the mouth) auffasste, änderte später selbst seine Meinung, nachdem er den merkwürdigen, zwischen

Bothriolepis und Cephalaspis in gewisser Beziehung vermittelnden Mycterops aus den Kohlenfeldern von Pennsylvania kennen gelernt hatte. Hier ist die mittlere Platte noch von zwei kleinen Löchern durchbohrt, die er für Nasenlöcher hält. „Unter diesen Umständen ist die Wahrscheinlichkeit grösser, dass die Oeffnungen bei Bothriolepis die Augen sind, als dass sie dem Munde der Tunicaten homolog sind. Der Bau dieser primitiven Wirbelthiere befürwortet die Entstehung der paarigen Augen von einem einzelnen unpaaren Auge, wie man es bei Tunicaten findet, und auch hierin liegt ein Hinweis auf die Abstammung des Bothriolepis von diesen Thieren. Mycterops bezeichnet eine weitere Divergenz als Bothriolepis und ein noch entfernteres Stadium der Abänderung liegt in Cephalaspis vor. Dr. Dollo in Brüssel hat die Ansicht ausgesprochen, dass die obere Öffnung von Pterichthys dem unpaaren Auge der Tunicata und dem Scheitelauge der Reptilien entspricht.[1]) Wenn nun thatsächlich das unpaare Auge der Tunicaten in die beiden seitlichen der höheren Wirbelthiere specialisirt wurde, so könnte es unwahrscheinlich erscheinen (obwohl nach Spencer embryologische Gründe nicht dagegen sprechen), dass es zu gleicher Zeit homolog dem Scheitelauge derselben Formen sei, die auch seitliche Augen besitzen. Dennoch ist dies möglicherweise thatsächlich der Fall, und sowohl die seitlichen, wie das Scheitel-(Pineal-)Auge sind durch Ausstülpung aus verschiedenen Theilen des Tunicatenauges entstanden, sodass sowohl die Ansichten von Lankaster wie von Spencer richtig sein können. Die Bildung der Linse des Tunicatenauges aus zwei Theilen, welche ihre Correspondenz mit der Linse des Pinealauges der Reptilien ausschliesst, hat wahrscheinlich in dieser Verbindung grosse Bedeutung und drückt den Ursprung der seitlichen Augen aus, während die Retina homolog dem der pinealen Retina ist."

Inwieweit die Genese des Tunicatenauges embryologisch geklärt ist, vermag ich nicht zu beurtheilen. Kein Stamm hat engere Beziehungen zu den Wirbelthieren als die Tunicaten, und von berufener Seite sind sie als degenerirte Nachkommen von Ur-Chordathieren aufgefasst, die im Stamm der Wirbelthiere einen höheren Aufschwung genommen haben. Insofern könnten Beziehungen zwischen ihrem unpaaren Auge und dem primären Sehapparat der ersten echten Wirbelthiere nicht befremden. Man darf aber Pterichthys, Bothriolepis u. a. nicht aus dem Zusammenhange lösen, der sie zweifellos

1) Bei vielen Reptilien ist das Scheitelbein, zuweilen das Frontale, von einem Loche durchbohrt. Ein in diese Höhlung eingelagerter Anhang des Gehirns wird nach De Graaff u. a. als Rudiment eines Auges gedeutet. Vgl. die Ausführungen über Stegocephalen.

mit Formen wie Coccosteus verbindet, dessen Augenhöhlen die Formen eines typischen Fisches haben, und hat ausserdem zu erwägen, dass sie durchaus nicht die ältesten Wirbelthiere sind, dass wir Fischreste jetzt auch aus dem Untersilur kennen (V. Rohon), dass schon im Obersilur die Abzweigung der Haifische und der Ganoiden vollzogene Thatsache ist, kurz, dass wir es eher mit einer ganz eigenartigen Abschweifung vom Typus des Stammes zu thun haben, als mit generalisirten Urformen, die sich direct von Tunicaten ableiten lassen. Die Platte, welche bei Bothriolepis die beiden seitlichen Augen trennt, ist auf der Unterseite, wie A. S. Woodward angiebt, durch eine Grube ausgehöhlt, die offenbar die Zirbeldrüse aufnahm; also schon hier ist das „unpaare Auge" ausser Function, wie bei allen Fischen. Eine metamere Theilung des Körpers ist zweifellos; auch hierin steht der Körper dieser Thiere also weit von dem Tunicatentypus ab.

Es geht aus dieser Auffassung der Placodermata hervor, dass ich mich solchen Hypothesen, wie sie Simroth neulich in seiner ideenreichen „Entstehung der Landthiere" geäussert hat, nicht anschliessen kann. Sein Gedankengang geht dahin, dass die Vorfahren der Fische auf dem Lande gelebt haben, wenn auch nur in den feuchtsumpfigen Niederungen ältester Festländer. Die Anknüpfung wird bei den Placodermen gesucht. Das frühe Erscheinen dieser Thiere, „die sich doch wieder nur als Endglieder einer langen Reihe uns verloren gegangener, vermuthlich terrestrischer Ahnen vorstellen, mag in eine Zeit fallen, für welche allerdings ein hoher Feuchtigkeitsgehalt der Luft noch die Regel war. Stärkeres Austrocknen mochte diese Formen scheiden in solche, die sich den neuen Verhältnissen des Landes weiter anpassten, die Amphibien, und solche, die mehr und mehr ins Wasser zurückwandern, die Fische. Noch stehen die Dipnoer (Lungenfische) da als eine Gruppe, so zu sagen, zwischen beiden." Die Rückwanderung erfolgte nach ihm zunächst ins Süsswasser, und deswegen stehen unter den Knochenfischen die Physostomen, speciell die Welse, auf der alterthümlichsten Stufe. Auf diese Betrachtungen, wie auf die über die Selachier, deren terrestrischer Ursprung ebenfalls als möglich hingestellt wird, kann ich hier nicht näher eingehen. Ich habe mich über die Selachier schon geäussert, und werde auf die muthmassliche Phylogenese der Fische an späterer Stelle nochmals zurückkommen müssen. Hier möchte ich nur betonen, dass sowohl Selachier wie Ganoiden aus vordevonischen Schichten bekannt sind, dass die Placodermen sich nicht allein in der Oldredfacies des Devons, sondern auch in echt marinen Schichten finden, und dass man sich überhaupt die Oldred-Schichten nicht etwa als in Binnengewässern abgelagert zu denken hat, sondern dass sie ganz gradatim

in marine übergehen, also etwa in flachen Buchten des offenen Meeres entstanden sind. Die Reconstruction, die Simroth von Pterichthys giebt, zeigt dies Thier, wie es sich, auf die sog. Ruderorgane und den Schwanz gestützt, über das Land bewegt, über „sumpfige, mit dichtem Pflanzenpolster bekleidete Uferstrecken.“ Die Gliedmassen sind geknickt in einem „Ellenbogengelenk“, der aufwärts gekrümmte Schwanz wird als Stütze gebraucht, ja nach Simroth wäre die heterocerke Biegung der Schwanzwirbelsäule aller Fische von dieser Gewohnheit abzuleiten.

In Kürze lassen sich solche Gedanken nicht widerlegen. Ich weise mit Nachdruck nochmals darauf hin, dass man auch die weniger specialisirten Formen der Placodermen, ja diese vorzugsweise beachten muss. Die Beobachtung einer Schwanzflosse, die ich auf meiner Zeichnung noch nicht eintragen konnte, beweist, dass auch Pterichthys ein guter Schwimmer war, wenn er auch wahrscheinlich meist halb im Schlamme eingewühlt lag, die Augen nach oben gerichtet, mit den „Ruderorganen“ sich langsam weiter schiebend, wie die Rochen mit ihren Pterygopodien.

Siebentes Capitel.

Das carbonische und permische System.

A. Die Ablagerungen der Steinkohlenzeit und die Bildung der Kohlen.

Wir stehen am Strande eines Continentes; endlos wie das Meer, das wir verlassen haben, dehnen sich üppige Waldungen wunderbarer Pflanzenformen über die sumpfigen Küstendistricte, Dickichte, in deren Tiefe unser Auge vergeblich einzudringen sich müht, deren Jahrtausende alter Moder immer wieder neues Leben trägt; weit landeinwärts begrenzt ein Alpengebirge die Niederungen, im Rücken hören wir die donnernde Brandung des Meeres.

Weltenalter vergingen, in Sand und Geröllen wurden die Waldungen jener Zeit erstickt, die Meere kamen und schwanden wieder, in gewaltigen Falten stauchte sich das Land zusammen, Spalten zerrissen die Berge und in Schollen sanken die Länder gegen die Tiefe; wiederum war das Land dem Meere entrückt, bewachsen mit Pflanzen, die wir kennen, durchwandert von unseren Vorfahren, den ältesten Menschen. Kunstlose Geräthe und Waffen bezeichnen ihre Wege, Herdstellen und Holzkohlen ihre Ruheplätze. Da mag ein Zufall ihnen beim Herdbau einen schwarzen Stein in die Hand gespielt haben, der im Feuer verglühte, und sie wurden aufmerksam auf diesen kostbarsten Schatz unserer Erdrinde, die Steinkohlen, zu deren Entstehung ungezählte Generationen carbonischer Wälder beigetragen haben. Es ist unbekannt, wo und wann die Steinkohlen zuerst mit Absicht benutzt sind. In verfallenen, der Oberfläche nahen Theilen englischer Gruben sind Steingeräthe gefunden, aber es scheint sehr fraglich, ob Menschen, die mit Steinwerkzeugen auskamen, Werth auf reichlicheren Besitz von Kohlen gelegt haben, so lange das Holz der Wälder mühelos zu Gebote stand. Es ist wahrscheinlicher, dass erst eine gewisse Technik in der Bereitung der Metalle

zur Ausbeutung der Steinkohle, natürlich in sehr beschränktem Masse, soweit dieses Material an der Oberfläche frei zugänglich war, anreizte. In England ist die Steinkohle seit der Römerzeit in Gebrauch; man fand Schlacken auf dem Herde eines römischen Bades. Die Kohlenschätze der Zwickauer Mulde sind schon den alten Sorben bekannt gewesen. Am weitesten mag in China die Benutzung der Steinkohle zurückreichen. Marco Polo berichtete von dem schwarzen Stein, den man in Nordchina auf Bergen gräbt, „Abends spät legt man ihn aufs Feuer und morgens findet man ihn noch brennend.“ Man weiss, dass alle Fertigkeiten und Kenntnisse der Chinesen in sehr entlegenen Jahrhunderten wurzeln. Im Mittelalter wurde das Begehr nach Steinkohlen reger, in mehreren Ländern Europas reicht der rationelle Bergbau soweit zurück; 1306 erschien in England ein Parlamentsact gegen die Luftverpestung. Aber erst in unserem Jahrhundert begann die Steinkohle ein ausschlaggebender Factor in der Nationalökonomie zu werden; niemals hat es eine Zeit gegeben, die so sehr von der Ausnutzung eines einzelnen Naturproductes abhing. Der colossale Verbrauch des kostbaren Gutes, das uns als ein Sparpfennig aus der Vergangenheit überkommen ist, regt immer von Neuem die Frage an, was geschehen soll, wenn der Vorrath, der sich nirgends ergänzt, schwindet; selbst wenn es der fortschreitenden Technik gelingt, den Verbrauch wieder herabzudrücken, kann es doch nicht ausbleiben, dass die Bergkräfte der Culturstaaten, die am raschesten consumiren, versiegen, und die Zeit, in der dies eintreten wird, ist nach Jahrhunderten zu berechnen! Das Elend wirthschaftlicher Abhängigkeit von den besitzenden Staaten muss zu heftigen Bewegungen der Völker Anlass geben.

Die von der englischen Regierung eingesetzte Commission legte ihren Berechnungen die Annahme zu Grunde, dass die fortdauernd gesteigerten Anforderungen der Technik auch einen beständig zunehmenden Verbrauch nach sich ziehen würden. Hull nahm eine stetige Steigerung um jährlich 3 Millionen Tonnen an und kam zu dem Resultate, dass im Jahre 1971 der Consum auf 415 Millionen Tonnen gestiegen sein würde. Hiernach würde schon in 376 Jahren volle Erschöpfung des in der Erde Englands aufgespeicherten Vorraths an Kohlen eingetreten sein! Diese Rechnung mag an dem Fehler leiden, dass eine stetige Zunahme der Consumption eingestellt ist, während diese mit der vermehrten Schwierigkeit der Production und der nothwendigen Preissteigerung in immer geringerem Verhältnisse zunehmen wird — aber trotzdem ist für England, die grösste Kohlenmacht, das Versiegen der Quelle seiner Herrschaft in absehbare Zukunft gerückt. Die Reiche des europäischen Continents sind nicht besser daran, auch Amerika verzehrt

seine enormen Kohlenschätze rapide, und das einzige Land, wo unermessliche Lagen des kostbaren Brennstoffs noch unangetastet liegen, ist China.

Um einen Begriff von der Grösse der Zahlen zu geben, um die es sich hier handelt, seien folgende Angaben aus den „Mineral Resources of the United States“ für 1888 (1890) hier wiederholt. Kohlen wurden gewonnen in

England	1888:	169 935 219	Tonnen (engl.)
Vereinigte Staaten	1888:	126 819 406	„
Deutschland und Luxemburg	1888:	81 863 811	Tonnen (metrisch)
Frankreich	1888:	22 951 940	„
Belgien	1887:	19 185 181	„
Oesterreich-Ungarn	1887:	20 779 441	„
Russland	1887:	4 650 000	„
Schweden	1887:	300 000	„
Spanien	1888:	977 559	„
Italien	1887:	327 665	„
Andere Länder	1888:	10 000 000	„
Im Ganzen		457 790 222	Tonnen!

In England stieg die Production von 157 518 482 (1886) auf 162 119 812 (1887) und 169 935 219 (1888), also statt um 3 Millionen Tonnen von 1887 auf 1888 um über $7^1/_2$ Millionen Tonnen. In den Vereinigten Staaten stieg die Production von 1887 auf 1888 um 18 022 480 short tons; dabei sind die Anforderungen so gewaltig, dass Steinkohle noch immer mehr importirt als exportirt wird (1 085 647 long tons Import gegen 860 462 long tons Export), während Anthracit allerdings in grösserer Menge aus dem Lande geht (24 093 L. T. Import, 969 542 L. T. Export). Vorläufig ist jedenfalls eine weitere Steigerung des Verbrauchs in Aussicht. Man sieht, es wird gewaltig aufgeräumt in den Vorräthen, die in undenkbar langen Zeiten aufgespeichert sind. Was ein Dampfschiff auf der Fahrt von Hamburg nach Rio de Janeiro verheizt, wurde von ausgedehnten Wäldern in Jahrhunderten geliefert.

Brennbare Kohlen kommen in mehreren geologischen Formationen vor, aber in keiner so massenhaft angehäuft, wie in dieser, und die alte Bezeichnung „Steinkohlengebirge“ hat gewiss hier eine grössere Berechtigung, als der Ausdruck „Salzgebirge“ für die Trias. Ein Name kann nicht zugleich eine Beschreibung geben und er ist gut genug gewählt, wenn er an eine bedeutende Eigenschaft erinnert. Dennoch hat er in Kreisen, welche der

Geologie ferner stehen, vielfach irrige Vorstellungen erweckt. Die Steinkohlenflötze bilden nur einen geringen Bruchtheil der Schichten, in denen sie eingeschlossen vorkommen, und es giebt Gegenden genug, wo wohl das Steinkohlengebirge, aber keine Steinkohlen vorhanden sind. Sie sind auch nicht annähernd gleichmässig durch die ganze Schichtenfolge vertheilt, sondern beschränken sich meist auf den höheren Theil, der deswegen als „productives Kohlengebirge" bezeichnet wird. Das ist nicht zufällig so, sondern steht in wesentlichem Zusammenhange mit der Geschichte dieser ganzen Zeit. Das Material zur Anlage der Flötze wurde vom Festlande geliefert, und wie man sich auch die Bildung der Kohlen zurechtlegen mag, so darf man sie doch nur entweder auf das Festland selbst oder an seinen Ufersaum verlegen. Während hier vegetabilische Massen angehäuft wurden, und mit dem Moder nur Reste von Landthieren zur Einbettung gelangten, entstanden weiter hinaus, in der offenen See ganz anders geartete Sedimente, Kalke und Thone, in denen nur das marine Thierleben seine Reste hinterlassen hat. Wäre während der ganzen Zeit, die wir dem Carbon zutheilen, keine Veränderung dieses Verhältnisses eingetreten, so würden productives und marines Carbon niemals übereinander, sondern als gleichzeitige Gebilde nebeneinander vorkommen, und jenes würde als breites Band die Räume des alten Meeres umgürten. Grosse Gebiete sind bekannt, in denen das Carbon nur durch marine Absätze repräsentirt ist; hier zeigt sich in einer deutlichen Aenderung der Fauna nach oben hin, dass die Zeit nicht spurlos an der Thierwelt des Meeres vorübergezogen ist; aber auch die Gegenden, die stets Festland waren und wo sich fortgesetzt Pflanzendetritus oder Sand und Thon mit Pflanzenresten anhäuften, lassen einen Wechsel der Flora erkennen, welcher jenem der Thierwelt entspricht. Ein Schritthalten ist natürlich bei Organismen, die sich ihren ganzen Lebensbedingungen nach nicht vergleichen lassen, nicht vorhanden. Die reinste Vertretung finden die marinen Carbonschichten in dem sog. Kohlenkalke, der ausschliesslich marine Thiere enthält und zwar in grosser Fülle der Zahl und der Formen. Zuweilen nimmt er völlig den Character von Korallenkalk an (so die berühmten Marmorsorten von Dinant, Visé u. s. w.), und es scheint, dass das Festland in einiger Entfernung von einem Kranz von Riffen umzogen war. An anderen Stellen des Meeres kam aber eine ganz andere Ablagerung zu Stande, und wie so häufig ändert sich hier mit dem Gesteinshabitus auch der der Thierwelt. Schlammige und thonige Absätze sind es vorwiegend, die das Material für diese Facies des marinen Carbons geliefert haben, und man folgert wohl mit Recht, dass sie in grösserer Nähe der Küste oder in flachem Wasser sich gebildet habe. Während

Goniatiten in grossen Schwärmen dem Strande sich genähert haben müssen, hatte sich auf dem schlammigen, vielleicht auch schon modrigen Boden nur ein beschränktes Thierleben angesiedelt und nur eine zweischalige Muschel, die Posidonia Bronni, lebte hier in geradezu unermesslichen Mengen. Man findet zuweilen Platten, auf denen grosse, ausgewachsene Exemplare umringt von ihrer Brut liegen, die sich mit Byssusfäden an die Mutterschale angeheftet hatte; man kann hieraus entnehmen, dass Schlamm so reichlich zugeführt wurde, dass die Umhüllung der Thiere vollendet war, ehe das Byssusband durch Fäulniss gelockert wurde. Pflanzen sind häufig beigemengt, die Arten und Geschlechter noch ähnlich denen des Devons, soweit man von diesen Kunde hat. Zwischen den Flachseegesteinen des „Culm" (es ist dies eine Bezeichnung, die zuerst in England angewendet wurde) und der Binnenentwickelung des Carbons mit ihrem Wechsel von Sandstein oder Thonen und Kohlenflötzen giebt es Uebergänge, und ebenso zwischen dem Culm und dem in hoher See, wenigstens jenseits der Zone überwiegender Schlamm- und Sandabsätze entstandenen Kohlenkalke. Professor Holzapfel hat vor einiger Zeit die Ansicht ausgesprochen, dass der „Culm" in Tiefseegebieten entstanden sei; er stützt sich auf die Häufigkeit der Goniatiten, und die Armuth der Fauna, die ihm als Zeugniss der Tiefseefacies gilt. Die Formation des Culms ist von jeher als ein Mittelding zwischen der kalkig-marinen und der limnischen oder terrestrischen Ausbildung des Carbons hingestellt und hat als solches manches heterogene Element, die ganze Serie der Gesteine, die weder zu jenen noch zu diesen passen wollten, ihrer stratigraphischen Lage nach aber nur dem Kohlenkalk entsprechen konnten, aufnehmen müssen. Zweifellos sind hierunter auch Absätze in tieferem Wasser, auch Kalke, aber im Ganzen haben wir es doch mit einer Küstenbildung zu thun und nicht mit einer Verarmung der Fauna durch die Einförmigkeit der Tiefe, sondern mit einem hinderlichen Einfluss des mit den Flüssen reichlich zuströmenden Detritus auf die Entfaltung des Thierlebens. Pelagische Schwimmer, wie es die Goniatiten wahrscheinlich waren, stehen über diesem Einfluss; solche Thiere suchen die Buchten oftmals auf oder werden von Wind und Wellenschlag in ihnen zusammengetrieben und verkommen in Masse. Wo der Strand der Ostsee von Thierleben fast ganz entblösst ist, erscheint er nach einem Sturme oft geradezu bedeckt mit Medusen. Die culmischen Kieselschiefer und Adinole sollen aus den Schalen von Radiolarien aufgebaut sein. Gerade diese Mächtigkeit der Anhäufungen lässt schliessen, dass auch die pelagischen Radiolarien in den Buchten des carbonen Festlandes zusammengetrieben wurden. Radiolarienschlamm ist zwar durch die Tiefseeforschungen in grossen Tiefen nachge-

wiesen, aber die uns bekannten bedeutenden Radiolarienschichten des Tertiärs sind litorale Gebilde.

Wo sich bei Ratingen der belgisch-deutsche Kohlenkalk auskeilt, stellt sich der Culm ein, der ihn von Ratingen bis Leimbeck gleichförmig überlagert, dann aber ganz seine Stelle einnimmt und seinerseits vom flötzleeren Sandstein, dann vom productiven Carbon überlagert wird. Diese Folge scheint deutlich genug die allmähliche Verflachung und Verdrängung der See auszudrücken.

Wir unterscheiden also folgende Formen, unter denen uns die Carbonbildungen begegnen können. 1. Kohlenkalk, rein marine und ganz überwiegend kalkige Absätze, mit zahlreichen Versteinerungen von Seethieren. Ganz abgesehen von den Unterabtheilungen, die mit mehr oder weniger Geschick nach palaeontologischen und stratigraphischen Gesichtspunkten versucht sind, ist in Gegenden, in denen sich nur marines Carbon und zwar während der ganzen Dauer der Periode abgelagert hat, eine Umwandlung der Fauna deutlich zu erkennen, sodass die oberen Schichten in innige Beziehung zu der hochmarinen (und südlichen) Facies des nächstjüngeren Zeitalters des Perm treten. 2. Culm oder litoralmarines Carbon, aus Thonschiefern, Kieselschiefern, auch eingeschalteten Kalkbänken bestehend, mit einer Fauna, die zwar gemäss ihres Aufenthaltes an schlammigen Küsten von der des älteren Kohlenkalkes bedeutend abweicht, aber doch aus manchen Zügen als gleichaltrig erkannt werden kann, und mit zahlreichen eingeschwemmten Landpflanzen. 3. Flötzleerer Sandstein (Millstone grit), eine oft sehr mächtige Folge von Sandsteinen oder Conglomeraten, mit unbedeutenden Flötzen oder pflanzenreichen Schichten. Diese Ablagerungen wurden von Flüssen in abgeschlossenen, dem Festlande angehörenden Becken gebildet, in welche das Meer nur zuweilen und nur auf kurze Zeit eindrang, wenn die absperrende Barre oder Nehrung durchbrochen war. Die marinen Thiere sind die des Kohlenkalks, die Pflanzen noch die des Culms, der an vielen Orten seine Basis bildet. 4. Productives Carbon, Sandsteine und pflanzenreiche Thonschiefer mit eingeschalteten Kohlenflötzen.

Mit jeder dieser Formationen kann das Carbon beginnen und endigen, meist aber lösen sie sich in einer ganz bestimmten zeitlichen Folge ab, welche zugleich den Wechsel in den physikalischen Verhältnissen einer Gegend formulirt. Kohlenkalk oder Culm beginnt, dann kam eine Zeit, in welcher Millstone grit abgelagert wurde, und schliesslich eine Aera der Kohlenanhäufung. So kann man die Folge im westfälischen Becken erkennen, und hier hat man auch das seltene Beispiel, dass nach dem Rheine zu, wo das

offene Meer lag, der Culm eine kurze Strecke auch den Kohlenkalk überlagert. —

In manchen Gegenden wird auch der Kohlenkalk seinerseits durch Sandsteine eingeleitet, die bald rein marin sind, bald mit Kohlenbildungen wechsellagern. In Irland geht diese gemischte Formation durch den „Yellow Sandstone“ in das Devon über. Man sieht hier, wie die seichten, brackischen Buchten des Devonmeeres nur allmählich und mit vielfachen Oscillationen sich senkten, mit reinem Seewasser gefüllt und wieder dem Ocean zurückgegeben wurden, dann aber ein Umschlag eintrat, der bis zum völligen Weichen des Meeres führte. Die colossalen Mächtigkeiten, welche solche Schichten erreichen, lassen kaum einen Zweifel darüber aufkommen, dass die ganze Gegend in Senkung begriffen war, während die Sedimente abgesetzt wurden. Die hierdurch anfänglich dem Meere zugänglich gewordenen Gegenden wurden von Flüssen, deren Gefälle und Erosionskraft während der Senkung des Unterlaufes beständig wuchs, mit solchen Massen von transportirtem Gesteinsschutt versorgt, dass bald Untiefen und Sandbarren entstanden, dann Lagunen oder grosse Strandseen abgeschnürt und schliesslich auch diese ausgefüllt wurden. Auf dem vom Lande rückeroberten Terrain siedelte sich auch bald seine Vegetation an und hier entstanden unter Bedingungen, die noch zu erörtern sind, die Kohlenflötze. Ihre Bildung ist, wie man aus vielen Beispielen weiss, nicht an eine geologische Zeit gebunden, und man muss sie auch nicht auf den oberen Theil der Carbonformation beschränkt denken. Dass sie hier häufiger sind, als je, ist die Folge von Vorgängen, welche sich damals weithin über die Erde bemerklich machten und überall solche Bedingungen schufen, dass Kohlen sich bilden konnten. In der bemerkenswerthesten Weise verknüpfen sich diese grossartigen Senkungen mit Gebirgsbildungen auf dem Festlande; die in der älteren Carbonzeit entstandenen Gebirgszüge, in denen die palaeozoischen Formationen bis zum Culm einschliesslich zu steilen Falten zusammengestaucht sind, waren aber schon zur Obercarbonzeit so weit abgenagt, dass dessen Schichten und das mit ihnen verknüpfte Perm sich über ihre Gerüste ausbreiten konnten. Man sieht, wie gewaltige Wirkungen die Denudation in dieser Zeit erzielte. Am Ende der Aera lag das Material der Hochgebirge schon wieder im Meere und in Binnenseen.

Man hat die Ereignisse während der Carbonzeit auch anders gedeutet und eine beständige Hebung des Festlandes als die Ursache der eintretenden Veränderungen genannt. Hierdurch wurde das Land fortwährend um Beträge vergrössert, welche vorher Meeresboden waren, also aus Kohlenkalk

und Culm bestanden. Nunmehr wurden diese vom productiven Carbon überzogen, und je länger die Hebung dauerte, desto grössere Areale der Kalke und Thonschiefer geriethen unter diese Decke.

Man kann sich die Vorstellung machen, dass sowohl in Perioden der Hebung wie der Senkung die Sumpfwälder der Küstenregion ungefähr in ihrem Niveau, welches nur wenig von dem des Meeres abweicht, blieben, sodass der Boden gleichsam unter ihnen her bewegt und dabei mit kohlenhaltigen Bildungen überzogen wurde. In beiden Fällen werden Kohlenflötze über enormen Flächen entwickelt, aber die Tausende von Fuss hoch aufgethürmten Sedimente, in denen die Kohlen eingebettet sind, lassen nur die Annahme zu, dass sie bei fortwährender, wenn auch periodisch pausirender Senkung abgesetzt wurden.

Wir werden hiermit wieder auf die Frage nach der Entstehung der Kohle hingelenkt. Vor Jahren hat Naumann einen Unterschied zwischen den paralischen und den limnischen Flötzen eingeführt. Jene entstanden in der Nähe des Meeres und wurden auch von gelegentlichen Einbrüchen erreicht; daher lagern sie meist auf einem Fundamente mariner Carbonschichten, und zwischen ihnen treten nicht selten dünne Zwischenschichten mit marinen Schichten auf. Die limnischen Flötze haben keine Beziehungen zum Meere; sie lagern oft weit landein, diesem unerreichbar, und entstanden in Einsenkungen des alten Landgerüstes. Ihre Unterlage besteht daher niemals aus marinem Carbon. Man sieht, dass dieser Unterschied kein genetischer, sondern ein topographischer ist; es bedurfte des Meeres nicht, um Kohlen zu bilden, und dass diese unweit der Küste entstanden, hing nicht von einem begünstigenden Einfluss des Meeres, sondern von der Bodenform ab. Limnische Kohlenflötze sind zweifellos z. B. die böhmischen; das carbonische Meer reichte niemals an diese Senken heran. Muster limnischer Flötze sind auch die kleinen französischen Kohlenreviere; das kleine Becken von Commentry hat nur 9 km Länge und 3 km Breite und ist völlig in die krystallinische Unterlage eingesenkt, aus deren Geröllen auch hier zunächst ein flötzleerer Sandstein gebildet ist.

Eine grosse Wichtigkeit für die Erklärung der Flötzbildung besitzen einige englische Vorkommnisse. Bei Swansea in Südwales wird jedes der zahlreichen Flötze von einem sandigen Schiefer (Firestone) unterlagert, der gleichsam seinen Boden bildet und Underclay geheissen wird, und jede dieser Schichten gewährt etwa den Anblick eines abgetriebenen Waldes, indem die eigenthümlichen Stigmarien, Rhizome später zu besprechender Lepidodendreen, hier noch in natürlicher Stellung wurzeln, oft völlig unver-

drückt. Aehnliches hat man dann auch in Deutschland gefunden. Sehr zahlreich sind die Beobachtungen über aufrechte Stämme. So fand man, wie Hawkshaw in den Geological Transactions berichtet, in dem Kohlenfelde von Lancashire sechs fossile Bäume, welche zu der um 15° nach Süden einfallenden Schicht noch senkrecht standen. Der Boden, in dem sie wurzelten, ein weicher thoniger Schiefer, war übersät mit den Zapfen dieser Gewächse, dann folgte ein 8—10 Zoll starkes Kohlenflötz, welches aber von den hohen Stämmen (einer war 11 Fuss hoch) noch weit durchragt wurde. Bei Wolverhampton in Staffordshire wurde einmal in einem Tagebau eine Strecke carbonischen Waldbodens abgedeckt, auf der 73 Bäume gestanden hatten. Ihre Wurzeln hafteten noch im Boden einer 10 Zoll mächtigen Kohlenschicht, unter der ein Thonlager folgte, die Stämme selbst lagen ausgestreckt am Boden. Unter dieser Lage entdeckte man noch zwei andere Schichten mit Stämmen. Verticale Baumstämme gehören bei Newcastle zu den gewöhnlichen Erscheinungen und werden, wie Lyell berichtet, von den Bergleuten sehr gefürchtet. Bei ihnen ist nämlich nur die Rinde erhalten und zu mürber Kohle geworden, das hohle Innere aber mit Sandstein ausgefüllt. Diese Sandsteincylinder, die nach unten breiter werden und durch keine Aeste mit der Rinde oder dem umgebenden Gesteine verzapft sind, drängen beständig nach unten, und sobald die Cohäsion überwunden ist, fallen sie plötzlich durch das Dach des Stollens und haben schon oft Unglück verursacht.

Man kann diese Beispiele noch leicht vermehren, doch genügt das Angeführte, um zweierlei zu beweisen, dass nämlich die Kohlenflötze sich oft an Stellen gebildet haben, die eine reiche, sagen wir eine Waldvegetation trugen, und dass ferner die Gelegenheit zur Bildung von Flötzen an derselben Stelle mehrmals gegeben und mehrmals unterbrochen wurde. Die ganze Art und Weise, wie die fossilen Stämme auftreten, lässt aber auch erkennen, dass sich aus den Resten dieser Pflanzen allein die Flötze nicht gebildet haben können; dennoch ist die gegenseitige Beziehung offenbar.

Lyell stellte seiner Zeit die Deltatheorie auf, an der auch lange nicht gerüttelt wurde; die enorme Mächtigkeit der Schichten scheint für ihn bestimmend gewesen zu sein. Sie konnten nach ihm nur während eines langsamen, aber vielleicht intermittirenden Sinkens des Bodens in einer Gegend entstanden sein, welche durch Flüsse eine stete Zufuhr von Schlamm und Sand erhielt. Ungeheuere Wälder ergriffen zuweilen Besitz von diesen Flächen und wurden wieder um einige Fuss überschwemmt, wenn der Boden sich weiter senkte, wie das in den Deltas der Ströme vorkommt. „Bäume, welche

Sumpfboden lieben, leiden nicht dadurch, wenn sie an ihrer Basis mehrere Fuss begraben werden, und andere Bäume treiben fortwährend aus dem neuen Boden hervor, mehrere Fuss über dem Niveau des ursprünglichen Morasts. In den Ufern des Mississippi habe ich bei niedrigem Wasserstande Durchschnitte gesehen, in denen Theile der Baumstämme mit ihren Wurzeln in vielen verschiedenen Niveaus in situ sichtbar waren.“ Er erwähnte auch, wie von den in grossen Flüssen treibenden Bäumen manche mit den Wurzeln nach abwärts untersinken und vom Schlamm festgehalten werden, wie ferner Baumstämme unter Wasser jahrelang der Zersetzung widerstehen können, so dass sich auch um die abgestorbenen wohl eine Sandschicht ablagern kann. Dann wieder wies er darauf hin, wie im Delta des Mississippi die Thone, in der sich die unzähligen Wurzeln von Sumpfcypressen und anderen Bäumen verzweigen, einen ungleich wirksameren Widerstand gegen die unterwühlende Gewalt des Stromes oder des Meeres leisten, als die Schichten von Sand und Schlamm, die keine Bäume tragen. Er erklärt daraus, wie es kommt, dass Kohlenflötze über grosse Flächenräume fortsetzen, ohne abgeschwemmt zu sein. Hohle Bäume, äusserlich gesund und frisch, im Innern des untergetauchten Stammes aber zum Theil mit Schlamm und Sand gefüllt, sind in den Wäldern Neu-Schottlands von Dawson beobachtet; sie bilden das Gegenstück zu den aufrechten Sigillarien des Carbons, deren Ausfüllungsmasse andere Structur und andere Anordnung zeigt, als die Schichten ringsherum, welche den Baum allmählich einhüllten. Ein Einbruch des Meeres tödtete 1846 bei Balize im äussersten Mississippidelta eine Schilfwaldung ab; die Stengel, gänzlich mit Entenmuscheln (Cirripeden) bedeckt und abgestorben, standen trotzdem aufrecht in dem weichen Schlamme. So mochten auch die hohlen Sigillarien, von ihrem breiten Wurzelstock gestützt, dem Einbruch des Meeres Widerstand leisten. „Je genauer die kohlenführenden Schichten untersucht sind, desto deutlicher hat sich herausgestellt, dass sie höchst wahrscheinlich in der Art wie moderne Deltas entstanden sind.“ Ein schwerer Einwurf liegt in der Reinheit der Kohle selbst. „Man hat gefragt, wie es denn anders möglich war, als dass das Wasser bei Flussüberschwemmungen, welche die Blätter von Farnen, Stämme und Wurzeln von Sigillarien und anderen Bäumen fortzuführen vermochten, auch etwas feinen Schlamm in die Sümpfe schwemmte? Eine Generation hoher, im Schlamm wurzelnder Bäume folgte der andern, und ihre Blätter und umgestürzten Stämme bildeten eine Schicht vegetabilischer Substanz, welche sich später mit Schlamm bedeckte, der seitdem zu Schiefer geworden ist. Dennoch erhielt sich die Kohle oder die umgewandelte vegetabilische Substanz während

der ganzen Zeit frei von erdiger Beimischung. Dieses Räthsel lässt sich meines Erachtens, so unlösbar es auch im Anfange scheint, durch Vorgänge erklären, die sich an den heutigen Deltas beobachten lassen. Die dichte Vegetation von Schilfen und Gräsern, welche die Ränder der waldbedeckten Sümpfe im Thal und Delta des Mississippi umgiebt, ist der Art, dass das durch sie hindurchfliessende Flusswasser förmlich filtrirt wird und sich völlig abklärt, ehe es bis zu jenen Räumen gelangt, auf denen sich vielleicht seit Jahrhunderten vegetabilische Massen angehäuft haben, und wenn das Klima günstig ist, Kohlen bilden. Es ist keine Möglichkeit, dass in diesen Fällen auch nur die geringste Beimischung von erdiger Substanz stattfinden könnte. So stehen auf dem grossen, überschwemmten, „Versunkenes Land" genannten Landstrich bei Neu-Madrid, welcher einen Theil der Westseite des Mississippi bildet, seit den Jahren 1811—1812 aufrechte, aber schon damals durch das grosse Erdbeben getödtete Bäume, See- und Sumpfpflanzen sind auf den Untiefen gewachsen, und mehrere Flüsse haben alljährlich die ganze Fläche überfluthet, ohne dass sie im Stande waren, irgend ein Sediment durch die äussere Umgrenzung des Morastes einzuführen, so dicht ist der Gürtel von Schilf und Busch. Man kann behaupten, dass in den Cypressensümpfen des Mississippi kein Sediment sich mit den Pflanzenstoffen vermischt, welche sich dort durch das Absterben der Bäume und Sumpfpflanzen bilden. Als einen eigenthümlichen Beweis für diese Thatsache will ich noch anführen, dass, sobald irgend ein Theil des Sumpfes in Louisiana ausgetrocknet wird und das Holz in Brand geräth, Gruben viele Fuss tief, so tief als das Feuer hinabdringen kann, ohne auf Wasser zu stossen, in den Boden einbrennen, und dass dabei keine Spur von erdiger Substanz zurückbleibt. Bei allen diesen Cypressensümpfen findet man auf dem Boden eine Thonschicht mit Wurzeln der Sumpfcypresse (Taxodium distichum), gerade wie die Underclays der Kohle mit Stigmaria gefüllt sind."

In neuerer Zeit ist besonders von Seite französischer Geologen betont, dass die Pflanzenstoffe, aus denen die Steinkohle sich bildete, zusammengeschwemmt sein müssten, und auch die jüngste Theorie von Ochsenius steht auf diesem Boden. Er verlegt den Schauplatz der Kohlenbildung, wie Lyell, in die Niederung grosser Ströme und besonders in jene Region abgeschnürter Flussarme, von denen uns Shaler in seiner grossen Arbeit über den „Dismal Swamp", die Sümpfe Virginiens und Nordcarolinas, eine vorzügliche Schilderung gegeben hat. „In seinem Lauf durch das Schwemmland bildet der Fluss (der Mississippi) durch sein Oscilliren beständig grosse Windungen, Oxbows wie sie gewöhnlich genannt werden, die schliesslich an ihrem Halse

abgeschnürt werden, so dass der alte Weg des Stromes zu einem halbmondförmigen See wird, der selten, ausgenommen die Zeiten hohen Wassers, in offener Verbindung mit dem Hauptstrom bleibt. In solchen Fluthperioden dringt das schlammige Wasser in die Becken, setzt eine grosse Masse Sediment ab, und so werden diese Ueberbleibsel des alten Stromes rasch fast bis zum Niveau des Hochwassers ausgefüllt. Gleichzeitig schiessen Bäume, Baumwollengestrüpp, Cypressen und Weiden, ferner eine Menge einjähriger Kräuter und Stauden, die solche Plätze lieben, in die Höhe und häufen ihre Pflanzenmasse auf, ein Beitrag zur Vernichtung des Sees. Diese vegetabilische Masse, aus den vermodernden Pflanzen entstanden, ist mehr oder minder vermischt mit Treibholz, von dem ein Theil aus dem Hauptstrom einschwimmt. Unter gewissen, vom Zufall abhängigen Bedingungen kann der alte Canal ganz blockirt werden durch diese Anhäufungen von Pflanzenstoff, die schliesslich mehr oder minder bedeckt werden von gewöhnlichen Alluvionen. Ein Schnitt durch das Mississippi-Delta würde zweifellos zeigen, dass eine Anzahl dieser Relicte des alten Laufes bis zur Tiefe von mehreren Fuss mit Holzsubstanz gefüllt sind." Shaler weist auch darauf hin, wie in anderen Ländern gelegentlich solche Ablagerungen von Treibholz entstanden sind. So ist im Val d'Arno ein alter Flussbogen bis zur Tiefe von 60 oder 70 Fuss mit Treibholz gefüllt, den gestossenen und gerundeten Fragmenten schwimmender Stämme, und das alles ist bedeckt durch eine Lage gewöhnlichen Schlicks und zu einer groben, lignitischen Masse geworden, die man dort in ausgedehntem Masse abbaut. Was bei Shaler nur als gelegentlicher Modus der Kohlenbildung erscheint, wird von Ochsenius als die Norm jeder Flötzbildung hingestellt. Die geologische Rolle der Barre, die den todten Flusslauf gegen den Hauptstrom absperrt, ist dabei eine bedeutende und bedingt besonders auch die Sichtung des Materials, je nach der Höhe des Riegels und der Kraft des andringenden Wassers.

Chemische und mikroskopische Untersuchungen werden bei allen Versuchen, die Genesis der Kohlen klarzustellen, mit in erster Linie zu berücksichtigen sein; sie haben schon jetzt volle Klarheit darüber gegeben, *dass marine Tange* bei der Bildung der Kohlenflötze *keine Rolle gespielt haben*, und damit allen Theorien, die etwa in Sargasso- oder Fucuswiesen die Quelle des zu Kohle umgewandelten vegetabilischen Materials sahen, den Boden entzogen. Seit Goeppert ist bekannt, dass jene Pflanzen, die in den Schieferthonen die Kohlenflötze begleiten, auch den Stoff für die Kohle geliefert haben. Selbst in scheinbar homogener Kohle lassen sich nach geeigneter Behandlung noch die Zellen des Holz- und Blattgewebes, selbst die

Sporenkörnchen jener uralten Gewächse isoliren. Der Antheil, der auf einzelne wichtige Gattungen oder Familien fällt, wechselt bedeutend, nicht nur in den einzelnen Flötzen, sondern auch innerhalb der Fläche eines und desselben Flötzes; bald überwiegen Farne, bald Siegelbäume, bald Calamiten. Auch die sog. „Torfsphärosiderite“, die oft in grossen Mengen der Kohle eingelagert sind, werfen einiges Licht auf diese Materie. Sie sind durch und durch angefüllt mit Pflanzentheilchen, deren Structur ganz ausserordentlich schön erhalten ist. Kleine Wurzeln, die sich wirr durcheinander schlängeln, oft grössere, abgestorbene Stücke von Sigillarien oder Stigmarien durchdringen, Blattstiele von Farnen, Theile von Calamiten und Anderes liegen chaotisch nebeneinander, während macerirte Gewebsstückchen, Zellen und Sporen sich in alle Lücken eingenistet haben. Es ist der am Boden der Wälder angesammelte, von Wasser durchtränkte Detritus, den wir hier im Dünnschliffe und unter dem Mikroskope vor uns sehen, vor seiner Verkohlung und in geschwelltem Zustande fixirt durch die Carbonate von Eisen, Kalk und Magnesia, die sich hier und dort zu Concretionen zusammenzogen. Während im fortlaufenden Process der Verkohlung die vegetabilischen Abfälle stark verändert, zum Theil in amorphe Massen umgewandelt wurden, jedenfalls auf ein sehr viel geringeres Volumen zusammenfielen, sind sie hier mit allen Einzelheiten der anatomischen Structur durch Steinmasse injicirt erhalten, und so bieten diese Sphärosiderite aus England und Westfalen sehr werthvolle Ergänzungen zu der aus Abdrücken und Steinkernen gewonnenen Kenntniss von Steinkohlenpflanzen.

Die Lehre, dass die Steinkohlen sich analog wie der Torf gebildet hätten, ist seit Goeppert's Zeit lange die herrschende gewesen, und Gümbel's hervorragende Arbeiten über die Textur der Kohlen haben gezeigt, dass wir die Annahme einer genetischen Verwandtschaft von Torf und Steinkohlen nicht länger umgehen können. Für die Torfmoore der Gegenwart ist allerdings ein ganz anderes Material ausschlaggebend, aber es handelt sich nicht um einen an bestimmte Pflanzen geketteten biologischen, sondern um einen chemisch geologischen Process, der nicht vom Material abhängig ist, wenn er auch nur unter bestimmten physikalischen Bedingungen eingeleitet wird. Die grössten Torfmoore kommen durch das Wachsthum der Sphagnum-Arten zu Stande, die sich erst in geologisch später Zeit zu dieser Bedeutung entwickelt haben, wahrscheinlich erst nachtertiär vom Norden her eingewandert sind. Es wird Niemand einfallen, vortertiäre Kohlenlager aus Sphagnum-Mooren abzuleiten, aber das Verhältniss darf auch nicht so gedeutet werden, als ob die Vorgänge, die bei der Vertorfung sich abspielen, erst nachtertiär

wirksam geworden seien. Torf bildet sich aus Gräsern, Binsen, Seerosen, Wurzeln, Stämmen und Haidekräutern, Bagger aus zerfallenen Resten der unter Wasser lebenden Pflanzen; es kommt nur darauf an, dass die bei vollem Luftzutritt gebildete Humussäure die Pflanzentheile unter Abschluss von Luft durchtränken kann. Im Dopplerit kennt man eine Varietät des Torfes, die den Steinkohlen recht nahe steht, und gerade diese bildet sich aus Wurzeln und Stämmen. Torfmoore bilden sich gegenwärtig, entsprechend der Verbreitung der Torfmoose, am reichlichsten in den kühleren Breiten der gemässigten Zone. Regenlose Hitze führt zur Verwesung der angehäuften Pflanzenstoffe, und auch in den feuchten Tropen sind die Bedingungen der Aufspeicherung verkohlter oder vertorfter Substanzen nicht günstig, obwohl zwischen den Wurzeln der Mangrovebäume der Detritus sich oft wallartig anhäuft. „So lange", schreibt Lyell, „der Botaniker lehrte, dass die Kohlenflora auf ein tropisches Klima hindeute, mochte der Geolog wohl in Verlegenheit gerathen, wie er die Erhaltung einer so bedeutenden Vegetabilienmasse mit einer hohen Temperatur in Einklang bringen sollte, denn Wärme beschleunigt die Zersetzung zu Boden gefallener Blätter und Baumstämme, sowohl in der Atmosphäre als im Wasser. Es ist bekannt, dass der in den Mooren der höheren Breiten so reichlich gebildete Torf in den Sümpfen wärmerer Gegenden nicht aufkommt. Es scheint indessen eine mehr und mehr angenommene Meinung zu werden, dass die Kohlenpflanzen im Ganzen nicht auf ein Klima schliessen lassen, wie dasjenige, welches jetzt in der Aequatorialzone herrscht. Baumfarne reichen so weit südwärts, wie der südliche Theil von Neuseeland, und Araucarien kommen auf den Norfolk-Inseln und selbst noch weiter südlich in Süd-Chile vor. Ein bedeutendes Vorherrschen von Farnen und Lycopodien deutet auf Feuchtigkeit und Gleichmässigkeit der Temperatur und wohl auf die Abwesenheit von Frost, aber nicht auf hohe Hitzegrade." Die neueren Untersuchungen haben diese Ansicht über das Klima der Carbonzeit nur bestätigen können.

Da wir gar nicht wissen, wie viel Zeit in der Bildung der Kohlenflötze consumirt ist, können uns auch alle Rechnungen, welche mit Zahlen die grössere oder geringere Wahrscheinlichkeit einer Theorie nachweisen sollen, wenig nützen. Das ist wohl sicher, dass gegenüber der evident raschen Bildung der Sandsteinschichten, die oft mehrere Meter hoch von aufrechten Baumstämmen durchragt werden, der Absatz und das Verfestigen der Kohle immense Zeiträume in Anspruch nahm, auch wenn wir den Uebergang in Steinkohle und Anthracit erst in nachcarbonische Zeiten verlegen. Manche Unregelmässigkeiten der Flötze lassen darauf schliessen, dass die endgültige

Sackung der vegetabilischen Masse (nach Stur auf 1/24 des ursprünglichen Volumens!) erst recht spät erreicht wurde.

Shaler stellte folgendes Exempel auf: Die ganze Menge der in einem jener Wälder der Appalachen zu Boden fallenden Blätter, Zweige und Rinde, der zerstörten Wurzeln, sowie der Samen betrüge wahrscheinlich, wenn sie als Kohle erhalten bliebe, jährlich wohl 1/10 Zoll, über die ganze Area ausgebreitet. Wird also, wie in einem Sumpfdistrict, die ganze Materie angehäuft, so giebt das im Jahrhundert eine Schicht von 10 Zoll, macht in 1000 Jahren über 8 Fuss, in 100 000 Jahren 800 Fuss. Hieraus ergiebt sich, dass wenn das Material eines Waldes wie in einem Sumpfe sich anhäufte, ganz enorme Dicken pflanzlicher Massen entstehen würden.

Anders rechnet Ochsenius. Ein Hectar bestandenen Hochwaldes im Alter von 100 Jahren — das ist die Zeit, in der er sein Wachsthumsmaximum erreicht hat — repräsentirt 1000 Festmeter Holzsubstanz, diese auf 10 000 Quadratmeter vertheilt, ergeben eine Decke von 10 cm Holz und lassen, hoch berechnet, 3 cm Kohle. Hier ist nun allerdings der Ansatz anders entwickelt. Da Wälder, der ungestörte Verlauf von Pflanzenwuchs überhaupt (Torfmoore ausgenommen) keine Kohlenflötze liefern, so nimmt er an, wie das ja auch früher öfter ausgesprochen wurde, dass ein solcher Wald plötzlich von einer Erdschicht eingehüllt wurde. Auf diese Weise lässt sich allerdings ein Fuss oder Meter starkes Flötz schon nicht mehr erklären. Aber hier liegt auch der wunde Punkt; wir verlangen ja gerade, dass die ganze Vegetationskraft jenem Processe unterlag, der gegenwärtig Sphagnum, Erica, Wurzeln u. s. w. in Torf und Dopplerit überführt. Dann würden die 10 cm dem Capital, die 1/10 Zoll der jährlichen Verzinsung entsprechen, und so kommen beide Rechnungsarten doch schliesslich wieder zusammen.

Suess hat in seinem genialen Werke „Das Antlitz der Erde“ auch die Vorgänge während des Carbons sorgfältig verfolgt, denn die zahlreichen Oscillationen der Continente, die sich in dem vielfachen Wechsel zwischen terrestrischen, limnischen und marinen Schichten auszusprechen schienen, sind für die von ihm entwickelte Theorie in hohem Grade ungünstig.

Aber nur dort, wo sicher an Ort und Stelle gewachsene Flötze mit marinen Lagen wechseln, oder wo weithin litorale Ueberfluthung sich zeigt, sieht er Oscillation als erwiesen an. Die untere Abtheilung des marinen Carbons, des Calciferous Sandstone von Fife in Schottland, bleibt mit ihren Stigmarienschichten zwischen rein marinen ein Beispiel, das ohne wiederholte Oscillationen, bei denen im Ganzen der Besitz des Meeres verstärkt wurde, kaum zu erklären ist, aber in den meisten Fällen lässt sich der Wechsel

mariner Bänke und Flötze ungezwungen auf andere Weise erklären. Eine üppige Vegetation, die sich in feuchten und warmen Ländern zu entfalten pflegt und die uns von Reisenden so häufig geschildert ist, bedeckte zur Carbonzeit die Ufer der Lagunen und wucherte auch in den Sümpfen selbst, soweit diese süsses Wasser enthielten. Zusammengeschwemmter Detritus mag mit an dem Aufbau der Flötze helfen, doch steht Suess im Ganzen der Frage, ob die grossen Flötze autochthoner oder allochthoner Entstehung seien, zurückhaltend gegenüber. Wo sich aber, wie oft beobachtet, das grosse, dem festen Lande aufgelagerte Flötz in kleinere zerspaltet, die durch marine Bildungen getrennt sind, glaubt er sicheren Anhalt für die allochthone Entstehung wenigstens der letzteren zu haben. Man weiss, dass die flötzführenden carbonischen Sedimente bei Jowa City auch in die Hohlräume des devonischen Kalksteins eingedrungen sind, der ihre Unterlage bildet; „Thon wurde abgelagert mit Fischzähnen und darüber ein kleines Kohlenband; dieses aber konnte sich wohl nur bilden, wenn die ganze Höhle erfüllt war mit schlammigem Wasser, welchem zersetzte Pflanzentheile schwebend beigemengt waren, die sich in der Höhle gegen oben sammelten. Es wird auch mit Bestimmtheit angeführt, dass den Flötzen in Illinois der Unterthon öfters fehlt und sie unmittelbar auf Schiefer oder Kalkstein liegen, in welchen Fällen man einen Transport der vegetabilischen Massen von einem anderen Orte vorauszusetzen habe, und wir wissen, dass diese Flötze gegen Nebraska hin übergehen in Lagen von Schieferthon, welchen nur vereinzelte, zerrissene Pflanzenreste eingestreut sind.“ In den Centren der Flötzbildung häufen sich die Pflanzenstoffe zu einer mächtigen Masse an, aber nach der See zu trägt das abfliessende Wasser nur den nicht zurückbehaltenen Rest des Detritus, der in weiterer Entfernung von der eigentlichen Bildungsstätte zu zusammenhängenden Flötzen überhaupt nicht mehr ausreicht. Von Zeit zu Zeit deckt das Meer seine Sedimente über diese Ausläufer, die sich landwärts alle in dem einen grossen Flötze vereinigen. Indem sich Suess weiterhin auch auf die durch Einbrüche des Meeres herabgepressten Torfmoore, auf die durch Wanderdünen überwältigten Wälder der Nord- und Ostseeküsten bezieht, bringt er noch eine andere Erklärung für die Spaltung der Hauptflötze bei, und eine dritte ist die von ihm citirte Hypothese Stevenson's über die Entstehung der Kohlenfelder von Pennsylvanien.

Die versunkenen Moore und Wälder der Nordseeküste reichen nur in geringe Tiefen unter den Meeresspiegel; unreife und wassergefüllte reife Moore können schon durch Entwässerung um diesen Betrag gesenkt werden, so tief, dass das anfluthende, den Küstenwall durchbrechende Meer sie zu er-

reichen und zu überschütten vermag. Aehnlich senken sich oft die lockeren, wassergefüllten Sedimente hinter den Nehrungen. Die vom Ufer landeingewälzte Dünenkette hat ganze Wälder unter das Niveau der See gedrückt. Hier walten locale und oberflächliche Vorgänge, um die man das Felsgerüst der Erde nicht in Bewegung zu setzen braucht, sie alle führen dazu, dass eine auf dem Lande mächtige und ruhig fortwachsende Vegetationsmasse sich gegen die See hin in mehrere Lagen zerspaltet, weil immer wieder der Pflanzenwuchs das bei Stürmen und Einbrüchen verloren gegangene Terrain zu besiedeln strebt. Dennoch darf man sich nicht ganz der Deutung verschliessen, welche den Dislocationen der Gesteinsschichten hier eine Rolle einräumt. Es ist doch nicht allein die zunehmende Entleerung der Ostsee, welche Schwedens und Finnlands Küsten heraustreten lässt; die Geschichte der Vereisungen ist nicht zu erklären ohne die Annahme grösserer Schwankungen der Lithosphäre. Die Süsswasserschichten auf der Höhe Gothlands und bei Munnalas in Esthland, die Süsswassermuscheln, die Jenzsch 100 m tief unter dem Pillauer Hafen traf, liefern schon allein hierfür den Beweis, und viele Anzeichen stützen practisch die theoretische Erwägung, dass dieselben Kräfte, die sich hier thätig zeigten, auch in der Gegenwart nicht schlummern.

Stevenson stellte, wie auch schon andere vor ihm, den Satz auf, dass während der ganzen Zeit des Obercarbons, als die gewaltigen Kohlenmassen westlich der Appalachen zum Absatz kamen, senkende Bewegung vorherrschte. Ein Landrücken schied schon damals die Kohlenfelder von Indiana und Illinois von denen, die unter der Westseite der Appalachen sich bildeten, in Ohio, Pennsylvanien und Westvirginien. Der Sumpfwald, welcher das Pittsburger Hauptflötz bildete, schob sich während der Senkung beständig landein; sobald aber die Bewegung ruhte und die Uferzone durch die Flüsse wieder verlandet war, dehnte er sich seewärts über die neuen Landstreifen und veranlasste so, im Wechsel der Vorgänge, die Bildung mehrerer aufeinander folgender Flötze.

Diese Erklärung ist übrigens weder die einzige, noch die erste, die dieses Phänomen hervorgerufen hat. Nach Lyell brachte Bowman zuerst eine Theorie vor, die auch für die Ausläufer des Hauptflötzes völlig autochthonen Ursprung voraussetzt. Ein Theil des ursprünglichen Bildungsgebiets senkt sich und wird vom Wasser überdeckt; dieses häuft Sand und Schlamm darüber, bis der Boden das Niveau des Wassers wieder überragt und der Wald von der Landseite aus, wo er ohne Unterbrechung zur Fortbildung des Flötzes beigetragen hat, sich von neuem über diese Gegend verbreitet.

Nachdem sich ein zweites Flötz hier angelegt hat, mag eine erneute Senkung eine abermalige Ueberdeckung mit Sand u. s. w. veranlassen. Diese Theorie unterscheidet sich von der Stevenson's darin, dass das Hauptflötz in seiner horizontalen Lage bleibt, die Ausläufer aber sämmtlich nach unten incliniren müssen. Bei Stevenson zieht sich das Hauptflötz gemäss seiner Entstehung schräg nach oben, während die Ausläufer wagerecht abgehen.

Nach alle diesem scheint festzustehen, dass der dem Kohlengebirge eigenthümliche Wechsel zwischen Pflanzenanhäufungen und Sedimenten des Meers oder Süsswassers sich wenigstens in vielen Fällen durch intermittirende Senkung erklären lässt, ohne dass man auf verticales Steigen des Festlandbodens zurückzugreifen braucht; dennoch bleibt die Schichtenfolge von Fife ein Beispiel, das durch solche Oscillationen sich einfach, sonst nur sehr schwer erklären lässt. Die Kohlenbildung in den Hohlräumen des devonischen Sandsteins ist räthselhaft; es ist auch schwer verständlich, wie der mit Sand und Schlamm eingespülte Pflanzendetritus, der an sich schon in Torfmooren zu Boden zu sinken pflegt, hier umgekehrt gegen die Decke des Hohlraumes steigen konnte. Zur Erklärung der allochthonen Kohlenbildung im grossen Massstabe bietet sich hier keine Handhabe. Die zertheilten paralischen Flötze lassen sich, wie die Amerikaner übereinstimmend annehmen, am besten durch Bildung an Ort und Stelle erklären; gegen einen Transport des Pflanzenmaterials in die offene See spricht immer die Reinheit der Kohle, denn die Filtrirung durch dichten Pflanzenwuchs wirkt hier nur auf der Landseite, während von der offenen See her, besonders bei senkender Bewegung des Bodens, die Wellen beständig Sand und Thierreste antreiben.

Für viele Becken im Innern des Landes kann eine volle Unabhängigkeit vom Meere festgestellt werden; hier mochten Flüsse, deren alte Betten zuweilen (so bei Newcastle) nachgewiesen sind, in die Tiefen des Sumpfwaldes auch allochthones Material verflössen, aber die Hauptmasse lieferte das fortwuchernde Wachsthum. Die Trennung der Kohlenfelder ist nicht immer eine Folge der Erosion und Abspülung der verbindenden Glieder, das geht aus diesen isolirten, sporadischen Kohlenanhäufungen hervor, und ob man recht thut, die gegenwärtig vereinzelten Reviere Englands oder Nordamerikas durch ideelle Reconstruction zu einem Ganzen zusammenzuschweissen, steht sehr dahin. Die grossen Bedingungen für das Entstehen der Kohle, Feuchtigkeit, gleichmässige Temperatur und üppiger Pflanzenwuchs, waren damals gegeben, und der Process begann, wo die Gestalt des Terrains ihn begünstigte, bald in der Nähe der Küste, bald im Innern des Landes, bald

in flachen Mulden, bald in den breiten Niederungen und Deltas der Flüsse; auf den einzelnen Fall mag bald diese, bald jene Theorie besser passen.

Die weit vorgeschobenen Kohlenreviere Böhmens erklärt Suess als Folge einer „limnischen Transgression", die sich immer weiter über das Land erstreckt, erst die Tiefen füllend, dann allmählich das Land selbst abgleichend, eine Transgression, die sich bis ins Rothliegende fortsetzt. „Das Meer ist aber diesen Transgressionen nicht gefolgt. Sie erinnern ausserordentlich an Stevenson's Ausdruck von dem Aufwärtsrücken der Ränder des Pittsburg-Marsches während der positiven (d. h. ansteigenden) Phasen des Meeres. Es ist auch mir schwer, den Fortgang dieser limnischen Transgressionen ohne gleichzeitige Erhöhung des Strandes zu begreifen." „Endlich ist der positive Einfluss so überwiegend, dass in einem beträchtlichen Theile des mittleren Europa das Meer wieder erscheint. Es ist der Zechstein mit seiner armen Meeresfauna."

Als Transgression wird in der Geologie die Ausbreitung eines Wasserbeckens über sein Ufer bezeichnet, die eine Verschleppung der Sedimente über das jetzt inundirte Land zur Folge hat. Wenn die Transgression vom Meere ausgeht, so müssen auch die Sedimente mariner Natur sein; aber es ist allbekannt, dass das Rothliegende nur Landpflanzen und Land- und Süsswasserthiere einschliesst. Das Aufwärts- und Landein-Streben der Küstenvegetation, wie es Stevenson beschreibt, ist nichts anderes als die Flucht vor dem Meere, das fortwährend nachrückt, und die Marsche in Sedimenten erstickt. Das ist hier nirgends der Fall und darum ist wohl der Ausdruck limnische Transgression gewählt. So wie der Zusammenhang dieser Transgression mit dem Meere fehlt, so ist auch kein Süsswasserbecken nachzuweisen, von dem sie ausgehen konnte. Ein so gewaltiges Binnenmeer hätte nothwendig auch aus den früheren Zeiten seiner Existenz Spuren hinterlassen sollen. Die Schwierigkeiten würden nicht erwachsen sein, wenn nicht die sporadischen Kohlenbecken und die Seen der Rothliegend-Zeit gewaltsam zu einem Ganzen zusammengefasst wären. Die Bildung der obercarbonischen Flötze im Inneren des Landes ist das Anfangsglied einer Kette von Erscheinungen, die in dem Anwachsen der grossen, aber doch isolirten Rothliegendseen culminirte. Die Senkung im Innern ging voraus und verschärfte den Gegensatz der Tiefländer zu den Gebirgen, von denen die Flüsse enorme Massen von Schutt herunterrissen; die Senkung des Strandgebietes erfolgte erst später und sie zog den Einbruch des permischen Meeres nach sich.

Klima, Luft und Licht der Steinkohlenperiode sind und werden vielfach irrig beurtheilt. Für uns, die wir nach Jahrzehnten rechnen, liegt jene Zeit

unermesslich weit zurück, aber jenem Urzustande der Erde, wo die eingeschlossene Gluth erhitzend auf Meer und Wasser wirkte, sind wir im Carbon kaum um eine Spanne näher. Die auffallende Ansammlung fossiler Brennstoffe und die kosmopolitische Verbreitung der Pflanzen, die sie geliefert haben, glaubte man nur aus fundamental verschiedenen physischen Verhältnissen erklären zu können. Die Pflanzen entnehmen während ihres Wachsthums der Atmosphäre Kohlensäure und bilden aus ihr organische Verbindungen; bei der Verwesung der Pflanze wird die Kohlensäure der Luft zurückgegeben, bei der Bildung von Steinkohlen dauernd oder doch für eine längere Zeit aufgespeichert und dem Kreislaufe entzogen. Die ganze Menge an Kohlensäure, welche in den Kohlenlagern enthalten ist, war also zur Steinkohlenzeit ein Theil der Atmosphäre und Rogers berechnete hiernach, dass diese damals sechsmal soviel Kohlensäure enthalten habe als jetzt. Man ging aber noch weiter und zog auch die in Kalken, Dolomiten und anderen kohlensäurehaltigen Verbindungen gebundene Kohlensäure in Rechnung. Würden diese Stoffe alle wieder aufgelöst, und ihre Kohlensäure der Atmosphäre zurückgegeben, so würde sie etwa 30 Procent derselben bilden. Damit würde der Druck der Atmosphäre fast auf das Dreifache steigen. Diese Annahmen sind aber irreführende. Auch die Kalke u. s. w. sind seit undenklichen Zeiten im Kreislauf, werden vom Wasser gelöst und unter Vermittelung der Thiere in der Küstenregion wieder aufgebaut; so geschah es in der cambrischen Zeit und so geschieht es jetzt. Wurde die zu ihrer ersten Bildung nöthige Kohlensäure der Atmosphäre entnommen, was durchaus strittig ist, so war es sicherlich nicht mehr die palaeozoische Aera, in der solche Entlastung der Atmosphäre sich vollzog. Die gewaltigen Massen silurischer und devonischer Kalke, die einstmals vorhanden waren und sich aus den übergebliebenen Schollen und Fetzen reconstruiren lassen, sind ein vollwichtiges Aequivalent der am Aufbau der gegenwärtigen Oberfläche betheiligten.

Die Pflanzenwelt des Carbons mag eine sehr üppig entwickelte gewesen sein, aber dass ihre Reste so massenhaft gefunden werden, liegt weniger an der Menge und Fülle der lebend vorhandenen Pflanzen, als an dem Zusammentreffen vieler Bedingungen, die die Vernichtung des Absterbenden verhinderten und so eine beständige Anhäufung erzeugten. Und dieses Anhäufen erforderte Jahrtausende und aber Jahrtausende, so dass das Quantum Kohlensäure, das jährlich der Luft entzogen wurde, vollauf durch die Exhalationen der Erde gedeckt werden konnte, ebenso wie gegenwärtig die Consumption gedeckt wird.

Werden denn nicht bei dem oben mit Zahlen belegten Verbrauch an

Kohlen jährlich Quantitäten von Kohlensäure in die Luft gesandt, in deren Aufspeicherung Jahrhunderte vergingen? Dennoch wird die procentarische Zusammensetzung der Luft selbst local nicht wesentlich geändert, das Gleichgewicht des grossen Haushaltes nicht gestört. Die Verkettung aller Umstände, unter denen Kohlensäure gebunden, absorbirt oder frei wird, ist so ausserordentlich verwickelt, dass die einseitige Betonung irgend eines nothwendig zu falschen Resultaten führen muss. Besonders ist die Fähigkeit des Wassers, sich mit Kohlensäure zu beladen, hier hervorzuheben, da sie wesentlich dazu beiträgt, den Kreislauf zu reguliren. Bei dem hypothetisch vorausgesetzten, enormen Gehalt der Luft an Kohlensäure wäre schon durch das Regenwasser (und Regen strömte zuweilen reichlich, wie die Tropfeneindrücke von Cape Breton beweisen) eine Menge mitgerissen und noch mehr wäre durch Diffusion in die Tiefen der Meere gedrungen; die auf dem Lande anstehenden Kalke müssten rapide zerstört worden sein, die Kalkbildung im Meere wäre aber völlig gehemmt gewesen, während doch gerade damals mächtige Kalkschichten entstanden. So führt die Hypothese, die zur leichteren Erklärung der Phänomene der Carbonzeit aufgestellt wurde, von Schwierigkeit zu Schwierigkeit, während im Grunde genommen ein Symptom, dass die Atmosphäre damals so grundsätzlich anders gewesen sei als heute, gar nicht vorliegt.

Der Character der Vegetation weist bei Berücksichtigung der wenigen lebenden Pflanzen, die zum Vergleich herangezogen werden können, eher auf ein gemässigt warmes, als auf ein tropisches Klima hin, dessen Eigenheiten dem Entstehen von Torflagern oder Kohlen gar nicht günstig sind. Die auffallende Gleichmässigkeit klimatischer Verhältnisse auch in meridionaler Richtung, wie sie sich in dem Vorkommen der Kohlenflora bis nach Spitzbergen hinauf ausspricht, ist weder durch allgemein tellurische noch kosmische Einflüsse zu erklären, sondern beruht wahrscheinlich auf der Art, wie Wasser und Land vertheilt waren. Noch zur Kreidezeit lagen die Verhältnisse ähnlich, und wenn von einem Ausnahmezustand gesprochen werden kann, so liegt es nach aller Erfahrung näher, ihn für die Gegenwart anzunehmen. Es darf übrigens auch nicht vergessen werden, dass in den letzten Jahren manche Thatsache gesammelt ist, welche auf klimatische Differenzirungen der Pflanzenwelt schon im Carbon hinweist. Die Glossopterisflora des Südens ist jedenfalls unter anderen Bedingungen entstanden als die bekannte Carbonflora. Auch sind in den europäischen Kohlenflötzen zuweilen grosse Findlinge entdeckt, deren Transport durch Treibeis bewirkt sein kann, obwohl auch im Wurzelgeflecht grösserer Bäume solche Steine verschleppt sein können.

B. Die Verbreitung des Carbons.

Die Entwickelung des englischen Carbons bietet ein treffliches Beispiel, wie Gestein und Fauna einer Formation nicht nur vertical, von unten nach oben, sich verschieden gestalten, sondern wie auch in horizontaler Richtung, indem wir dieselbe Schicht über grössere Räume verfolgen, die Charactere verschieden auftreten und sich ablösen. Bergkalk (Mountain limestone), Millstone grit und Coal Measures sind die drei wichtigsten Bausteine. Der reine Bergkalk, der so oft den Ausdruck der Gebirgsketten bestimmt, bildet im Süden der penninischen Kette das Anfangsglied, ein Fundament von 2—4000 Fuss fester, geschichteter Kalke. Nach Norden hin schieben sich nach und nach Sandsteine und Schiefer ein, und aus den Schiefern, die zuerst in Wales und nur als schwache, einleitende Lage des Kohlenkalks auftreten (Limestone shales), wird ein mächtiges System von Sandsteinen, Thonen und Schiefern, das in Schottland als selbständiges Glied, als Calciferous Sandstone, ausgeschieden werden musste, hier nochmals theilbar in eine Red Sandstone- und eine Cementstone-Gruppe, welche durch vulcanische Deckengesteine geschieden sind. Der über diesem Calciferous Sandstone lagernde Rest des Bergkalkes ist durch Schiefer und Sandstein mehrfach unterbrochen und schliesst sogar bedeutende Kohlenflötze (die Edge Coals oder Lower Coal Measures) ein. Aehnliche Erfahrungen macht man, indem man vom mittleren Irland, wo der Kohlenkalk eine compacte, zusammenhängende Masse bildet, sich nach Norden wendet. Aber auch im Süden Irlands gewinnt das den eigentlichen Kohlenkalk unterteufende Gebilde an Bedeutung. Die 5000 Fuss mächtigen Glengoriff Grits oder Carboniferous Slates entsprechen durchaus dem schottischen Calciferous Sandstone. In Staffordshire und Lancashire ist aus dem Kohlenkalk die aus Sandsteinen, Kalk und Schiefern zusammengesetzte Reihe der Yoredale rocks geworden. Ob wir von Süden nach Norden oder von Süd-England nach Westen schreiten, immer treffen wir auf Anzeichen, welche die allmähliche Annäherung an die alte Küste verrathen.

Die von Flötzen durchzogenen Coal Measures, in denen sich eine untere, reiche Gruppe von einer obern mit geringen Kohlen und einer marinen Einschaltung mit Spirorbis trennen lässt, ruhen auf dem Millstone grit, groben, quarzitischen Sandsteinen, die in Lancashire ihre grösste Mächtigkeit mit 5500 Fuss erreichen. Nach Schottland wie nach Süd-Wales zu nimmt diese Mächtigkeit sehr ab. Aus der Bucht des offenen Meeres ist ein Binnenbecken geworden, das von Geröllen allmählich ausgefüllt ist. Der Pflanzenwuchs der Coal Measures wurde aber mehrmals durch Einbrüche der See gestört; in Lancashire und Yorkshire bedeuten die Gannisterbeds an der

Basis des productiven Carbons mit ihren marinen Versteinerungen eine Zeit, wo die See noch leichten Zugang fand. Die grösste Mächtigkeit erreicht das productive Carbon in Süd-Wales; in Schottland und in Irland ist sie bedeutend geringer.

Aehnlich, aber meist einfacher, liegen die Verhältnisse in den mitteleuropäischen Kohlenbecken. Belgien mit seinem Kohlenkalk schliesst sich England am nächsten an; in Deutschland hat diese hochmarine Entwickelung keine Bedeutung und wird häufig durch den sog. Culm ersetzt. Hier und dort sind Becken mit Geröllen und Kohlenflötzen ausgefüllt, die niemals in Verbindung mit dem Meere standen; in Schlesien und Westfalen deuten aber marine Zwischenschichten auf wiederholte Einbrüche des Meeres hin; sobald man über die relative Lage dieser marinen Schichten in den jetzt von einander isolirten Gebieten genau orientirt ist, werden sie zu einem sicheren Mittel werden, auch die Stufen des productiven Carbons einander genauer zu parallelisiren. Wir wissen durch Stur's Untersuchungen, dass mehrere Kohlenflötze noch in das Untercarbon hinabreichen. Folgende instructive Tabelle ist aus Toula's vortrefflichem Buch „Die Steinkohlen" entlehnt.

	In Böhmen, Mähren und Schlesien	Aequivalente	Floren	Faunen
Rothliegendes	Ottendorfer Schichten (Braunau i. Böhmen) Kunowa-Schichten (Schwarte im Pilsener Becken)	Lebacher Schichten (Saarbrücken)	Walchia piniformis Odontopteris obtusiloba Callipteris conferta	Ganoidfische, Amphibien (Archegosaurus). Stegocephalenfauna von Pilsen, Braunau u. s. w.
Productives Carbon, Obere Abtheilung			IV. Flora	
	9. Rossitzer Schichten 8. Zemech-Wiskauer Sch.	Flöhaer Becken u. Plauenscher Grund	Calamites Suckowi Asterophyllites equisetiformis Odontopteris Schlotheimi	
	7. Radnitzer Sch. (Cannel-Kohle)	Griesborn im Saarbecken	Cyatheites arborescens	
	6. Miröschauer Sch.	(Ottweiler Schicht.)	Cordaites borassifolia	Land- und Süsswasserfauna der Radnitzer Schichten
Productives Carbon, Untere Abtheilung			III. Flora	
	5. Radowentzer Sch.		Calamites ramosus und Suckowi	Verarmte Carbonfauna an der Basis der Ottweiler Sch.
	4. Schwadowitzer Sch.	Gaislautern, Grube Gerhard und v. d. Heydt im Saarbecken	Sphenophyllum dichotomum	Landfauna des Saarbeckens
	3. Schatzlarer Schichten. Orlau-Dombrau (Karwiner Becken)	Liegendflötze im Saarbecken	Alethopteris lonchitica Neuropteris gigantea	
		Bochum, Eschweiler	Sphenopteris obtusiloba	Marine- } Fauna in Westf. und Belgien
		Belgien, Nordfrankreich	Sageuaria Goepperti Sigillaria alternans	Süsswasser- Marine- } Fauna in Westf. und Belgien

	In Böhmen, Mähren und Schlesien	Aequivalente	Floren	Faunen
Culm, Oberer (productiver)	2. Ostrau-Waldenburger Sch.	Hainichen-Ebersdorf (Sachsen) Bochum: flötzleerer Sandstein (Millstone grit) Waldenburger Liegendzug	II. Flora Sphenopteris elegans und divaricata Oligocarpia quercifolia Adiantides oblongifolia Lepidodendron Veltheimianum	III. Marine Fauna Verarmte Culmfauna II. Marine Fauna Kleine Arten
Culm, Unterer	Culm-Dachschiefer mit Posidonomya Becheri in Oberschlesien Kohlenkalk und Kohlensandstein in Niederschlesien und Böhmen	Herborn (Nassau)	I. Flora Archaeocalamites transitionis Sphenopteris divaricata Cardiopteris frondosa Neuropteris antecedens Lepidodendron Veltheimianum Stigmaria inaequalis	I. Marine Fauna Im schlesischen Dachschiefer Posidonomyen; in Niederschlesien Productus gigantens
Das Grundgebirge	Devon in Mährisch-Ostrau Silur und krystallinische Gesteine im mittleren Böhmen Krystallinische Gesteine im Riesen- und Eulengebirge und im Rossitz-Oslawa-Becken	Devon in Belgien und Frankreich		Vorhanden sind im Ostrau-Karwiner Becken Sch. 1, 2, 3 im niederschlesischen Becken Sch. 1, 2, 3, 4, 5 im innerböhmischen Becken Sch. 6, 7, 8, 9 im Becken von Rossitz-Oslawa nur Sch. 9

Die Gesteine der carbonischen Formation bedecken in Nordamerika enorme Flächen; man begegnet ihnen vom Westabhang der Appalachen bis über das Felsengebirge hinaus, von Alabama und Texas im Süden bis Idaho und Cape Breton im Norden, hier eine Quelle industriellen Wohlstandes, durch den Reichthum der angehäuften Flötze, dort den Gelehrten überraschend durch die vielfache Gliederung und die Formenfülle einer begrabenen Thierwelt. Der verwirrende Wechsel fügt sich grossen Gesetzen. Die Ränder eines alten Festlandes, von dem die Ströme Jahrtausende lang den durch Verwitterung und Regen abgesprengten Schutt zum Meer führten, treten gigantisch heraus, wenn auch oft unbestimmt, schattenhaft. Es ist umgeben von einer Zone grober Sedimente, Sandsteine und Conglomerate; die gröbsten Gerölle sanken noch auf dem Festlande in Strandseen oder in unmittelbarer Nähe des Strandes zu Boden und häuften sich zu gewaltigen Höhen an. Weit nach Westen nimmt die Grösse der Gerölle ab, schliesslich verschwinden die Trümmer-

gesteine und Kalk tritt an ihre Stelle, gefüllt mit Resten von Meeresthieren, der Character des offenen Meeres wird deutlich. Und nach der anderen Seite erwuchs an den Gestaden des alten Continentes jene üppige Landvegetation, deren ganze Lebenskraft zum Gebrauch für uns in den Kohlen aufgespeichert liegt; oftmals wurde sie vom Lande aus mit Geröll und Sand erstickt oder von den salzigen Fluthen des Meeres getödtet, und immer wieder besiedelt sie die verlorene Stätte.

Der ganze nordische Körper des amerikanischen Continents war zur Carbonzeit Festland. Während die grosse Platte des canadischen Gneissgebietes, die Suess als „canadischen Schild“ bezeichnet, zur Devonzeit auch im Westen vom Meer bespült wurde, ist weder marines noch litorales Carbon längs des Mackenzieflusses, von Clearwater bis zum Eismeer, je gefunden. Auch limnische Kohlenbildungen sind nicht bekannt. Die westlichen Staaten lagen dagegen unter dem Spiegel des Oceanes, der hier bis zu dem Gebiete der Rocky Mountains das Land erobert hatte; die Umrisse dieses Meeres sind noch nicht genauer anzugeben. Nach Osten nimmt die Mächtigkeit der Sedimente von über 30 000 Fuss auf etwa 1000 Fuss ab; zahlreiche Inseln und Untiefen verweisen auf die Nähe des Festlandes. Nach Westen stand das offene Meer, aber im Meridian von 117° 30′ stösst man auf neue Zeichen des Strandes, und auch im Süden, im Eurekagebiet von Arizona konnte Walcott nach eingeschwemmten Pflanzen und lungenathmenden Schnecken die Nähe des Landes bestimmen. In Texas treten Kohlenflötze auf. Wo die Verbindungen nach dem pacifischen Oceane lagen, ist unbekannt; zu dem inneren Meere, das im Stromgebiete des Mississippi sich ausbreitete, mochte südlich der Rocky Mountains ein Meeresarm führen. Zahlreiche Arten sind beiden Gebieten gemeinsam, aber dennoch ist die Ausbildung der Schichten und das Gesammtbild der Fauna so verschieden, wie es nur in zwei benachbarten, aber getrennten Meeresräumen sein kann, und Vergleiche sind schwer.

In Arizona scheiden sich drei Gebirgsglieder deutlich von einander ab, unten der Red Wall Kalk, dann der Aubrey Sandstein, oben der Aubrey Kalk. Sicherlich reicht diese Schichtenfolge vom Untercarbon bis ns Perm, und Marcou classificirte die drei Glieder geradezu als Kohlenkalk, Coal Measures und Perm. Kohle ist nur an einer Stelle, in den Pancake Mountains, westlich vom Felsengebirge bekannt. In den Wasatchbergen umfasst ein einheitlicher Kalk, 7—8000′ dick, noch Theile des Devons; über ihm liegt im Weber Cañon ein 6000 Fuss mächtiger Quarzit als Vertreter der mittleren Coal Measures, dann eine sehr wechselreiche Serie (2000—2500′), welche durch das Obercarbon zum Perm überleitet. „Ausser der Andeutung eines

localen Flacherwerdens am Ende des Wasatch-Kalkes im westlichen Nevada, spricht alles für Absätze im tieferen Wasser bis nahe ans Ende des Upper Coal Measures, wo Schiefer mit Wellenfurchen auftreten, und die späteren Permschichten alle im seichten Wasser abgesetzt zu sein scheinen." (King.) Nevada hat besonders im Eureka-District berühmte Aufschlusspunkte; im sog. White Pine shale liegt die Grenze zwischen Devon und Carbon, aber weder stratigraphisch, noch palaeontologisch scharf nachzuweisen, dann folgt der Diamond Peak Quarzit mit wenigen, aber echt carbonischen Versteinerungen, ein Kalk, der die Lower Coal Measures vertritt, das Weber Conglomerat, ähnlich wie im Wasatchgebirge, und der Kalk in den oberen Coal Measures, alles marine, aber in der Nähe des Festlandes entstandene Schichten.

Diesseits der Rocky Mountains betreten wir das Gebiet des grossen carbonischen Binnenmeeres, wo zu älterer Carbonzeit im Thal des Mississippi, in Missouri, Illinois und Jowa eine mächtige Kalkablagerung entstand, deren Reichthum an Versteinerungen eine genauere Gliederung zuliess.

In Ohio und Indiana treten diese Kalke gegen sandige und schiefrige Schichten zurück, welche in der appalachischen Provinz die grösste Rolle spielen und mit litoralen oder limnischen Kohlenlagern wechseln, die im Mississippi-Becken erst über den Kalken auftreten. Der Vergleich mit dem englischen Bergkalk und dem productiven Carbon wurde schon sehr früh gezogen. Die Unterlage bilden silurische Schichten noch häufiger als devonische, welche dem hohen Chemung-Niveau angehören. Vielfach sind auch noch in den oberen Coal Measures von Illinois Schichten mariner Entstehung den flötzführenden Sandsteinen und Schiefern eingeschaltet; die Versteinerungen sind aber die des jüngsten Carbons, die Fusulinenschichten, nicht mehr die Fauna des älteren Kohlenkalkes. Da das Carbon hier mit der Kinderhook-Gruppe durch Sedimente vertreten ist, die wir in die ältesten Anfänge dieser Zeit zu verlegen berechtigt sind, so muss die Erosion des Untergrundes, welche sich im Wechsel der Basis ausspricht, in die devonische Zeit hinabreichen. Hebungen hatten damals das Meer eingeschränkt, zur Carbonzeit ergriff es wieder Besitz von weiteren Arealen. Die Gliederung der marinen Schichten zeigt die Tabelle; ein näherer Vergleich mit dem europäischen Carbon bleibt abzuwarten.

Eine Provinz für sich bildet das Kohlengebiet von Michigan; doch auch hier werden die kohlenführenden Schichten von rein marinen unterteuft, und die Kinderhook-Schichten von Illinois finden hier ihr Gegenstück in der Marshallseries, denen sich in aufsteigender Folge die Napolconschichten, echter Kohlenkalk und die salzführende Michigangruppe anschliessen, deren dam-

pfende Lagunen die Strandbildungen des productiven Carbons vorbereiten. Anfänglich bildete die Provinz von Michigan eine Bucht des grossen carbonischen Binnenmeeres, die sich später isolirte und mit Geröllen und Flötzen ausgefüllt wurde.

Die grosse appalachische Provinz wurde durch eine nordöstlich bis nach Canada hineinstreichende Erhebung vom Mississippi-Becken geschieden, das Meer erzwang sich nur von Zeit zu Zeit den Zutritt, wurde aber schliesslich ganz ausgeschlossen. Es lohnt wohl, auf diese weltberühmte Region etwas ausführlicher zu sprechen zu kommen.

Unter den Coal Measures von Pennsylvanien, mit den obersten brackischen Schichten des Devons innig verknüpft, erscheint in der Tiefe der appalachischen Region ein mächtiges System von Conglomeraten, Sandsteinen und Schiefern, hier und da von Kalkbänken durchzogen, zuweilen auch mit dünnen, werthlosen Kohlenflötzen, als Aequivalent des Untercarbons. „In den verschiedenen Gegenden,“ schreibt Williams, „wechseln die stratigraphischen Eigenschaften so stark, dass die einzelnen Abtheilungen nur mit Mühe parallelisirt werden können. Im Allgemeinen vertreten sie die Mississippi-Gruppe im Innern, und in einigen Kalken wurden Versteinerungen gefunden, die im Vergleichen noch weiter zu gehen erlauben. Aber marine Fossilien zeigen sich in ihnen nur selten, und so beruht die Eintheilung fast gänzlich auf lithologischer und stratigraphischer Grundlage. Das Conglomerat der obersten Schichten ist mit dem Millstonegrit in Verbindung gebracht und als die Basis der Coal Measures aufgefasst. Die tieferen Schichten wurden von den ersten geologischen Erforschern der Appalachen (Rogers u. A.) Umbral und Vespertine Series, später von dem zweiten Geological Survey Pennsylvaniens „Mauch Chunk“ und „Pocono“, von Stevenson 1888 „Greenbrier“ und „Pocono“ genannt.“ In dem Wechsel zwischen mariner und limnischer Ausbildung gleicht diese Gruppe dem „Calciferous Sandstone“, der in Schottland den eigentlichen Kohlenkalk unterlagert; die Pflanzen (Lepidodendron, Palaeopteris, Triphyllopteris) sind die älteren Typen des Culms, einige marine Mollusken kehren in der Kinderbook-Gruppe des Westens wieder.

Das „Seral“ oder Pottsville Conglomerat ist ebenso scharf gegen das tiefere Untercarbon, als gegen die Lower Coal Measures abgesetzt. Harte, kieselige Sandsteine, oft conglomeratisch, überwiegen; Sigillarien und grosse Lepidodendren finden sich in ihnen wie in unseren Culmschichten, während die Kalke und Schiefer der tieferen Gruppe nur seltene, kleinere Pflanzen führen. Fast unzerstörbar bestimmen diese mächtigen Gesteine weithin die Topographie. „Wo immer sie in Westvirginien und Pennsylvanien an die

Oberfläche treten, ist die Scenerie wild und rauh. Reissende Ströme, hohe Wasserfälle, massige Klippen und öde Flächen bezeichnen diese Landstriche, wo sie auftauchen. Die luftigsten Spitzen der Alleghanies verdanken ihren Ursprung dem freundlichen Mantel, dessen aufgerichtete Ränder manches Kohlenfeld vor völliger Zerstörung geschützt haben. Die tiefen Schluchten, engen Canons und wilden Scenerien des Alleghany, Yonghiogheny, Cheat, Monongahela, New, Guyandotte und Big Sandy River sind alle in diese Felsen eingegraben. Die Fälle des Yough, Cheat, Tygart's Valley, Kanawah, die „Roughs“ des Guyandotte und Big Sandy sind alle von denselben Schichten getragen.“ (White.)

Werthvolle Kohlenflötze treten nur an den Rändern des Beckens auf und verlieren sich rasch, wenn man der Mitte zuschreitet; in den Einschnitten der Flüsse sieht man die Flötze schwächer und schwächer werden. Auch herrscht ein merkwürdiger Gegensatz in der Qualität der südlichen und nördlichen Kohlen, die auf verschiedenartige Beschaffenheit der Bildungsweise gedeutet wird. Die grossen Moraste des Nordens lieferten eine andere Kohle, als die tiefer eingesenkten und von Wasser überdeckten Sümpfe des Südens. Die Ströme dieser Zeit hatten ihre Betten in reinen Sand und Kies gegraben und ihr klares Wasser führte keinen Schlamm und Moder mit sich, sodass die Kohlen, die damals entstanden, von auffallender Reinheit sind.

Nun folgt die wichtige Gruppe der Lower Coal Measures, oben mit dem berühmten Freeport Flötze, unten von der Brookville Kohle abgeschlossen. Sie birgt den Kohlenvorrath der Zukunft, noch in der Tiefe des Beckens haben die Bohrungen werthvolle Flötze angetroffen; wenn auch die Flötze der Randregion dicker und zahlreicher sind, so kann man doch nicht nachsagen, dass sie gegen die Mitte des Beckens sich auflösen. Die oberen Schichten, mit denen die Flötze wechsellagern, scheinen im Süsswasser abgesetzt zu sein, und nur in grösserer Tiefe, in dem Ferriferous Limestone und Eagle Limestone begegnen wir den Resten von Meeresthieren, dem Zeugen nachhaltiger Meereseinbrüche in die appalachische Niederung.

Ueber den Süsswasserschichten der Lower Coal Measures markirt sich noch mehrmals der steigende Einfluss des Meeres; dann entfernt sich der Strand weiter von den Stellen der Kohlenanhäufung.

Der „Crinoidal-Limestone“ ist der letzte Absatz des Meeres; die petrographischen Eigenschaften, Fauna und Flora der ihn überlagernden Schichten bleiben constant die von Süsswasserbildungen. Nach der Ansicht White's wäre hier der Schnitt zu legen, der oberes und mittleres Carbon von einander trennt, doch hat man allgemein die alte, nach practischen Gesichtspunkten

eingeführte Abgrenzung beibehalten, und fasst den ganzen Complex zwischen dem grossen Pittsburgh-Flötz und dem Hauptflötz der tieferen Lagen, dem Upper Freeport, als Barren Measures (oder Elk River Series) zusammen. Da marine und limnisch-fluviatile Ablagerungen incommensurabel sind und wir über das Verhalten der marinen Fauna über dem Crinoidenkalk nichts wissen, so liesse sich ein innerer Grund, warum man gerade hier oberes und unteres Carbon scheidet, schwer beibringen. Der über dem Crinoidenkalk liegende Theil der Barren Measures besteht vorwiegend aus weichen, rothen Schiefern und tritt dadurch in Gegensatz zu dem tieferen, harten Sandstein, welcher der Verwitterung trotzt und wilde landschaftliche Formen begründet. Die Kohlenflötze der ganzen Serie sind wenig werthvoll und sehr unbeständig.

Die Upper Coal Measures enthalten die wichtigsten Kohlenflötze des Landes, unter ihnen an der Basis das weltbekannte Pittsburgh-Flötz; am Monongahela schwellen die Kohlen zu grosser Mächtigkeit an, und nicht mit Unrecht ist ihnen der Name der Monongahela River Series zu Theil geworden. Die Gesammtdicke der Schichten ist nur mässig und wurde in der Mitte des Beckens auf 413 Fuss festgestellt. Nach dem Süden und dem grossen Kanawah-Fluss zu ändert sich der Gesteinscharacter; während im Norden und Westen Kalkstein fast die Hälfte der Schichten bildet, tritt südlich von Harrison und Lewis Co. an ein rother Schiefer und Sandstein an seine Stelle, und alle Kohlenflötze keilen sich aus bis an das eine Pittsburgh-Flötz. Die Scenerie der Landschaft verliert die gerundeten Formen; steile Gehänge und enge Thäler stellen sich mit dem Sandstein ein.

Das ganze System ist eine ausgesprochene Süsswasserbildung, aber die Fauna ist noch wenig untersucht, die Flora dürftig. Neuropteris hirsuta, flexuosa und Pecopteris arborescens sind hoch obercarbonische Arten, letztere auch im Rothliegenden noch bekannt. Ostracoden, Insecten und Fische sind hier und da zahlreich in den Schiefern gefunden. Vielleicht ergeben spätere Untersuchungen, dass innerhalb dieses Systems von Schichten schon die Grenze zwischen Carbon und Perm fallen würde, die bei continuirlicher Entwickelung der Vegetation sich kaum anders markiren kann, als durch eine allmähliche Zunahme jüngerer Arten in den oberen Horizonten.

Es bliebe uns noch dio acadische Provinz zur Besprechung, welche die Kohlenfelder von Nova Scotia, New Brunswick, Cape Breton und Prince Edward Insel umfasst. Es ist aber die Schichtenfolge Englands, die uns hier entgegentritt, und eine nähere Beschreibung wäre überflüssig. Im Westen und im Osten des Festlandes, das damals den nordatlantischen Ocean ausfüllte, entstanden fast gleiche Gebilde. Wieder tritt uns als Basis ein lito-

rales Sediment wie der Calciferous Sandstone am Tweed und in Schottland (Horton Series) entgegen, folgt ihm Kohlenkalk, Millstone grit, productives Carbon und unteres Perm; eigenartig sind nur die rothen Mergel und Gypse der tiefen Schichten, Bildungen verdunstender Lagunen.

Fassen wir zusammen. Im Süden Englands und Irlands, in Belgien bis Deutschland hinein, herrschte schon im Beginn des Carbons das offene Meer, im Süden durch die alten Gebirge und Gebirgsinseln begrenzt und gehemmt, im Norden durch den Rand des atlantischen Continents; dieser sank und das Meer im Norden Schottlands vertiefte sich und bedeckte auch noch weite Landstreifen mit kalkigen Gesteinen. Dasselbe geschah an den Ostküsten Amerikas, und ähnliche Vorgänge lassen sich aus der Verbreitung der marinen Schichten des Untercarbons im Innern Nordamerikas ablesen. Dann liessen die Bewegungen nach, Sedimente häuften sich in den Küstenmeeren an und verwandelten sie in flache Lagunen, schliesslich in Festland, den Boden der Kohlenflora. Grosse Becken wurden vom Ocean isolirt, ausgesüsst und ausgefüllt, aber von Zeit zu Zeit sprengte das Meer die Schranken.

Mitteleuropa war in mehrere Inseln zerrissen, zwischen denen nur seichte Meeresstrassen blieben; kalkige marine Bildungen sind in der nördlichen Zone selten, es herrscht das litorale Sediment. In Senken des Festlandes sowohl, wie auf dem alten, durch Geröll und Sand allmählich erhöhten Meeresboden, wucherte die carbonische Vegetation und kam es zur Kohlenbildung. Nur die nördliche Zone (Westfalen, Schlesien) wurde zuweilen von Einbrüchen des Meeres betroffen.

Im Süden dehnte sich ein grosses Mittelmeer bis nach Indien und den indischen Inseln, bedeckte den Nordrand Afrikas bis Marokko, Oran und Wadi Arabah, und bespülte die südeuropäischen Staaten. In Asturien bedeckten seine litoralen Absätze $^1/_3$ der ganzen Oberfläche, obwohl es in zahlreichen Oscillationen auch wieder zurückgedrängt wurde; schon die Kalke von Lena wechseln mit pflanzenreichen Schiefern. Zugleich enthalten sie, also ein ziemlich tiefer Horizont, Fusulinen, die für das oberste Carbon so wichtigen Foraminiferen. Fusulinenschichten wechseln auch in den Ostalpen mit pflanzenführenden, jungcarbonischen Sandsteinen, und Fusulinenschichten überlagern den echten Kohlenkalk von Moskau. An den Rändern des pacifischen Oceans ist die Fusulinenfauna weiter vorgedrungen; man trifft sie in China, Japan, Korea, und vom pacifischen Ocean aus scheint sie sich auch nach Nevada und Illinois verbreitet zu haben. Sie stellt sich gewöhnlich erst in den letzten Phasen des Carbons oder im Perm ein (Val Sosia auf Sicilien), ist aber älter und kann, wie das Untercarbon von Eureka und der

Kalk von Lena zeigt, auch in tieferen Schichten auftreten; geänderte physikalische Bedingungen bewirkten ein rapides Ausschwärmen dieser Thiere. Von Süden aus drang das obercarbonische Meer gegen Europa vor und trug die Fusulinen mit sich, vom Süden aus scheinen sie nach Illinois eingewandert zu sein. Die obercarbonische oder unterpermische Fauna, die Gemmellaro aus dem Val Sosia beschrieben hat, lehrt aber, dass die südlichen Gewässer noch viele andere Thierarten dem Norden zugeführt haben; manche Ammoniten- und Gastropodengeschlechter erscheinen hier zum ersten Male, während sie zur mesozoischen Zeit eine grosse Bedeutung für das europäische Thierleben erlangt haben.

Wir wollen nur kurz die wichtigsten Punkte noch berühren, wo die carbonische Formation nachgewiesen ist. Im Norden des asiatischen Continents fand man Kohlenkalk und productives Carbon auf Spitzbergen, Nowaja-Semlja und der Bäreninsel, während in Asien selbst, abgesehen von den schon genannten chinesischen Gebieten Carbon nur am Altai und am Amur auftritt. Oefter noch werden wir sehen, dass ein Meer in ähnlicher Begrenzung wie das arctische den Nordrand Asiens berührt. Die Wichtigkeit des Fundes carbonischer Pflanzen in eisstarrenden Breiten braucht nicht nochmals betont zu werden. Im Süden kennt man das Carbon, marin und limnisch, auf Australien, in Südafrika und Südamerika; in den Kohlenflötzen von Chile mengt sich Glossopteris mit Lepidodendron und Sigillaria.

C. Die permischen Ablagerungen.

Zwischen das Carbon und die älteste Formation der mesozoischen Zeit, die Trias, schiebt sich eine Folge von Ablagerungen, die nach den physikalischen Bedingungen ihrer Entstehung und den von diesen beeinflussten Organismen in den verschiedenen Gegenden sehr verschieden geartet sind, und für die kein anderer einheitlicher Gesichtspunkt gewonnen werden kann, als dass sie zeitlich äquivalent sind, und, bei engstem Anschluss der tieferen Schichten an das carbonische, der höchsten an das triassische System, faunistisch und floristisch die Kluft zwischen dem palaeozoischen und mesozoischen Zeitalter überbrücken. Hierher gehören das Rothliegende und der Zechstein in Mitteleuropa, die permische Stufe in Russland, der Verrucano der Westalpen und Italiens, ein Theil des Coal Measures in Nordamerika, und im Gegensatz zu diesen mehr oder weniger limnischen, auf dem Festlande in Süsswasserseen gebildeten Schichten auch hochmarine, wie die Fusulinenkalke Siciliens, die Productuskalke im Pundjab und die artinskische Stufe am Westabhang des Ural.

Werfen wir zunächst einen Blick auf die in Deutschland hierher gerechneten Schichten. In dem classischen Gebiete der Grafschaft Mansfeld hat alter Bergbau ihnen die Namen gegeben, mit denen sie noch gegenwärtig in geologischen Schriften besprochen werden. Die Kalkbänke des (zähen) „Zechsteins" bedecken den an eingesprengten Kupfererzen reichen „Kupferschiefer", und unter ihnen lagert, für den Bergmann unbenutzbar, das Rothliegende oder „Rothe Todte". Beyrich unterschied in diesem letzteren drei Stufen, deren untere sich durch ein Kohlenflötz mit dem Carbon innig verbindet; auch die Flora ist eine wenig veränderte carbonische. In manchen Gegenden ist es überhaupt unmöglich, die kohlenführenden und pflanzenreichen Schichten des Rothliegenden floristisch gegen das Carbon abzugrenzen, und an unfruchtbaren Erörterungen, wo der Schnitt zu machen sei, hat es nie gefehlt. Die heftigen vulcanischen Ergüsse und Eruptionen, welche zur Rothliegendzeit das Festland erschütterten, geben vielleicht einen besseren Anhalt, als die minutiöse Analyse der Floren, die selbst in benachbarten Gegenden von localen Einflüssen verändert erscheinen können. Melaphyre und Quarzporyphyre in vielen petrographischen Varietäten stiegen auf Spalten in die Höhe, drängten sich zwischen die Schichtgesteine oder ergossen sich als weite Decken über das von ihnen durchbrochene Gebirge; Aschen und Lapilli lieferten Tuffe, Bomben und Auswürflinge aller Art mischten sich den auf dem Grunde der Binnenseen angesammelten Absätzen bei; an den Lavadecken und Aschenkegeln des Landes nagte beständig Verwitterung und Regen, und Wildbäche und Flüsse führten den Schutt thalab, um ihn wiederum in jenen Seen zu Boden sinken zu lassen.

So findet sich in der dem alten Gebirge eingesenkten, jetzt freilich durch Verwerfungen und Hebungen stark umgestalteten Mulde des Plauenschen Grundes tief unten eine Porphyritdecke, welche sich über die Syenite und silurischen Gesteine ausgebreitet hat. Dann folgt in Conglomerate eingebettet das Kohlengebirge des unteren Rothliegenden, bis in die neuere Zeit für echt carbonisch gehalten, und dann die Thonsteinstufe Naumanns, dem mittleren Rothliegenden entsprechend, die in ihrem unteren Theile ganz aus dem feinen Detritus der vulcanischen Gesteine aufgebaut ist und die Kalkflötze von Niederhässlich mit der bekannten Amphibien- und Reptilienfauna umschliesst. Nach oben schliesst das Rothliegende wieder mit Breccien und Conglomeraten, deren Gerölle den Porphyrergüssen der Nachbarschaft entstammen. Der ganze Complex gehört aber in das mittlere Rothliegende. Man hat öfters eine sich local ergebende Dreitheiligkeit des Rothliegenden auf die drei von Beyrich aufgestellten Stufen bezogen, wo es sich thatsächlich nur um petrographische

Verschiedenheiten handelte; so gehört nach Sterzel das ganze Rothliegende des erzgebirgischen Beckens palaeontologisch zum mittleren Rothliegenden. Die Veränderung der Flora liess sich besonders im Saar-Rhein-Gebiet beobachten, wo sich die Kohlenbildung noch weit in das Rothliegende fortsetzt. Das eigentliche Carbon schliesst hier nach Weiss mit den Ottweiler Schichten; dann folgen die Cuseler und Lebacher Schichten als unteres und mittleres Rothliegendes. v. Dechen fasste früher alle drei Stufen als flötzarmes Kohlengebirge zusammen; die Incongruenz zeitlicher und genetischer Abschnitte tritt hier scharf heraus.

Es mag im Allgemeinen zutreffen, dass die Carbonfloren sich durch die Häufigkeit der Sigillarien und Lepidodendren, die des Rothliegenden durch Calamarien, Cordaiten und Coniferen auszeichnen (nächst den Farnen, die nach wie vor überwiegen), aber wieviel hängt hier bei der practischen Beurtheilung von localen Umständen ab!

Mehr noch als bei den carbonischen Ablagerungen ist im Rothliegenden die Vereinzelung der Becken zu beobachten. Deltaaufschüttungen der Flüsse bilden oft den Untergrund und solche Geröllbänke sind auch als Markzeichen der transgredirenden Brandung oder als Andeutungen glacialer Gebilde gedeutet. Der sprungweise Wechsel in der Beschaffenheit dieser basalen Schichten ist aber mit solchen Theorien nicht vereinbar; nicht selten beginnt das Rothliegende mit einem Kohlenflötz, das dem alten Gebirge unmittelbar aufgelagert ist. Die Erklärung, dass ursprüngliche Mulden mit atmosphärischem Wasser später durch die Flüsse mit Geröll und Detritus gefüllt wurden, und dass in diesen Gegenden die üppige Vegetation, die sich aus der carbonischen Zeit noch erhalten hatte, sich unter ähnlichen Bedingungen auch zu Kohlenflötzen anhäufte, ist wohl immer noch die einfachste. Ganoidfische und Proselachier wie Xenacanthus waren seit der Silurzeit schon in die brackischen und limnischen Gewässer gedrängt; Verbindungen der Binnenseen mit den brackischen Uferzonen des Meeres mögen existirt haben, vielleicht durch grosse Ströme, aber die Anwesenheit dieser Fische drängt nicht absolut auf solche Annahmen hin.

Das Rothliegende ist vom Harz, Westfalen und Sachsen bis weit nach Süddeutschland hinein verbreitet; es tritt in Mittel-Böhmen in den Horizonten der Nürschaner und Kunowaer Schichten auf, ferner bei Braunau, Ottendorf u. a. Orten, und ist auch in Frankreich bei Bert und Autun mit der typischen Flora und Fauna gefunden. Auch die „obercarbonischen“ Schichten der kleinen französischen Becken dürften schon in die permische Zeit gehören.

Ueber dem Rothliegenden erscheint am Harz, in Mansfeld, Thüringen,

Hessen u. s. w. und bis in die Vogesen der Zechstein. Als marine Formation hat er eine grössere und einst zusammenhängendere Verbreitung als das Rothliegende und überdeckte z. B. das ganze Gebiet des Thüringer Waldes, aber nur wenige Reste sind der Zerstörung durch die Atmosphärilien entgangen.

Er beginnt häufig mit einem Conglomerat, dem Product der vordringenden Brandung, und lässt sich in eine Reihe Unterstufen zerlegen, die zwar meist nur petrographische, aber doch über weite Entfernungen anhaltende Unterschiede bieten. Geschichtete, thonhaltige Kalksteine (Zechstein im engern Sinne), Dolomite, Rauchwacken (ausgelaugte Dolomite), Anhydrit oder Gyps, Steinsalze und Letten bilden eine abwechselungsreiche Reihe, die man in Thüringen und am Harz in drei Stufen theilen kann. 1. Untere Zechsteinformation. a) Zechsteinconglomerat; b) Kupferschiefer; c) Zechstein. 2. Mittlere Zechsteinformation. a) Dolomite, Rauchwacken oder Stinkschiefer; b) Anhydrit oder Gyps. 3. Obere Zechsteinformation. a) Jüngerer Gyps und rothe Thone; b) Bunte Letten mit Dolomitknauern und Gyps.

Die als Kupferschiefer bezeichnete Einlagerung im untern Zechstein ist von hohem Interesse. Sie ist im Mansfeldischen, bei Riechelsdorf in Hessen und bei Saalfeld in Thüringen das Object des alten und ausgedehnten Bergbaues, der trotz der Schwierigkeit des Betriebes — die werthvolle Schicht ist kaum $^1/_2$ m stark und muss in liegender Stellung ausgebeutet werden — und des verhältnissmässig geringen Gehaltes an Erz bis heute fortgeführt ist. Die Anreicherung mit Kupfererzen ist nicht auf diesen Schiefer beschränkt. Sie wiederholt sich in den Kupferletten Hessens, dessen in Kupferglanz versteinerte Coniferenreste, Aeste und Zapfen als „Frankenberger Kornähren“ weit bekannt sind, im kupferführenden Sandstein Russlands und ist selbst in Texas für einen Theil der permischen Schichten bezeichnend. Man hat das überaus häufige Vorkommen von Fischen, denen der Kupferschiefer auch wohl seinen Gehalt an Bitumen verdankt, hiermit in Verbindung zu bringen gesucht. Die meisten liegen in eigenthümlich gebogener Stellung auf den Schichtflächen, wie im Tetanus erstarrt, und man glaubte, dass das Aufdringen an Kupfersalzen reicher Quellen die Gewässer vergiftet und die Fische zum Absterben gebracht habe. Ganz von der Hand zu weisen sind solche Erklärungsversuche nicht. In vielen Fällen muss eine rasche Einbettung der Fossilien angenommen werden, und obwohl die Schmelzschupper zweifellos der Verwesung oder der Vernichtung ihrer Gestalt grösseren Widerstand entgegensetzten, als die Fische mit ungeschützter, leicht angreifbarer Haut, so möchte doch auch hier das schon Quenstedt bekannte Vorkommen

der Gehörsteinchen noch in situ für rasche Einhüllung, also auch für einen ziemlich gleichzeitigen Tod der auf derselben Schichtfläche liegenden Thiere sprechen. Die Gehörsteine stehen zum Körper in so lockerer Verbindung, dass sie meist schon dem Schädel entfallen, ohne dass die Form des in den Wellen treibeuden Körpers ihren Zusammenhang eingebüsst hat. Ein gleichzeitiges Absterben der Fische kann in einem Gewässer nun zwar durch sehr viel Umstände hervorgerufen werden; Verseuchung durch kleine Spaltpilze, übermässige Erwärmung und Maugel an diffundirter Athemluft, starke Trübung mit Schlamm oder Kalkmilch, Exhalationen von Gasen auf dem Grunde des Wassers und Einströmen schädlicher Flüssigkeiten, alles das kann die ganze gleichzeitige Generation von Fischen vernichten, und in vielen Fällen wird der Tod mit Tetanuserscheinung eintreten. Der dem Kupferschiefer äquivalente Marlslate Englands ist auch reich an Fischkörpern, aber da Kupfererze in ihm fehlen, so kann hier keine Vergiftung durch Kupferlösung vorliegen. Im deutschen Zechsteingebiete mag trotzdem diese Erklärung die richtige sein, oder man mag besser an vulcanische Exhalationen von Kupfer- und Silberchloriden denken. An Zeichen vulcanischer Thätigkeit fehlt es jener Zeit ja nicht, und wie in den Kratern der gleichzeitig ausströmende Wasserdampf schon die Umsetzung der Chloride zu Oxyden bewirkt, so mögen die Verwesungsgase, die aus den eingebetteten Fischleibern sich dem Wasser mittheilten, einen Niederschlag von Sulfaten eingeleitet haben.

Die obersten Schichten des Zechsteins, bunte Letten, welche denen der unteren Trias sich anschliessen, umhüllen die grossen Salzstöcke Norddeutschlands. Es ist eine bemerkenswerthe Erscheinung, wie in den verschiedenalterigen Formationen solche Letten sich wenn nicht mit Steinsalz so doch mit Gyps und Anhydrit verbinden. Man weiss, dass schlammiges Wasser durch Zusatz von Kochsalzlösung rasch geklärt wird; ähnlich wirkten auch wohl die salzigen, eingedampften Lagunen auf die ihnen von den Flüssen oder durch Sturmfluthen zugeführten Schlammmassen.

Gegenüber anders lautenden Angaben muss festgestellt werden, dass Steinsalzlager in allen Formationen der Erdrinde, mit alleiniger Ausnahme des Devons, aufgedeckt sind, dass sie durchaus nicht auf Zonen beschränkt sind und dass sie überall in derselbeu Weise sich aufbauen. In Indien sind es rothe Mergel mit Steinsalz und Gyps noch unter dem Silur des Punjab und der Saltrange, in Canada ist es die obersilurische Onandaga Gruppe, welche Steinsalz birgt und Soolquellen entsendet. Gyps und Steinsalz liegen im Kohlenkalk von Michigan und Virginien, im Perm von Oren-

burg, und unsere wichtigsten deutschen Salzstöcke gehören nicht der Trias (dem Salzgebirge der älteren Geologen), sondern dem Zechstein an.

Für die Beurtheilung der palaeozoischen Meere ist das Auftreten dieser Steinsalzlager von eminenter Wichtigkeit, denn es beweist, dass die Zusammensetzung des Meerwassers schon in den ältesten Zeiten, von denen uns sichere geologische Nachrichten überkommen sind, die gleiche wie der jetzigen Meere war. Woher der Salzgehalt der Meere ursprünglich stammt, ist unsicher. Salzdämpfe dringen auch bei vulcanischen Eruptionen aus dem Innern der Erde und überziehen die Wände des Kraters mit Sublimationen von Kochsalz. Es ist nicht ausgeschlossen, dass ähnliche Vorgänge bei der ersten Erstarrung eine grosse Rolle spielten. Nach allen Erfahrungen ist der Gesammtvorrath an Salz eine constante Summe, die aber in verschiedener Weise an die Meere vertheilt ist. Das im normalen Flusswasser gelöste Salz spielt keine bedeutende Rolle; es ist in so geringer Menge gelöst, dass auch bei Zuhülfenahme unendlicher Zeiten die Abgabe der offenen Meere an Salz diese Zufuhr weit übersteigt.

Man kann im Durchschnitt den Gehalt der Flüsse an gelösten Stoffen auf $^1/_{6000}$ der Wassermenge veranschlagen. Die geologische Beschaffenheit des Areales, welches die Flüsse entwässern, wird natürlich diese Durchschnittszahl nach der einen oder anderen Richtung hin sehr verändern und auch auf den Antheil der verschiedenen in Lösung gehenden Substanzen an dieser Gesammtsumme von grossem Einfluss sein. Eine von Sterry Hunt angestellte Berechnung, welcher Wasser-Analysen des Rheins, der Weichsel, der Rhône, der Loire, der Themse, des Nils, des St. Lawrence und Ottawa zu Grunde liegen, ergab als Zusammensetzung dieses einen Sechstausendstels rund 80% Carbonate (besonders Kalk), 13% Sulfate, 7% Chloride (Kochsalz, Chlorkalium, Chlormagnesium).

Das oceanische Wasser ist von Forchhammer in sorgfältigen Arbeiten untersucht. Er fand das Verhältniss der Hauptbestandtheile des Meerwassers untereinander und zum Gesammtsalzgehalt, wofern es auf dem hohen Meere und entfernt von den Küsten geschöpft ist, sehr geringen Schwankungen unterworfen. Die Zahlen bilden einen auffallenden Contrast gegen das Flusswasser: 0,21% Carbonate u. a., 10,34% Sulfate, 89,45% Chloride! Es geht hieraus hervor, dass die Beschaffenheit der einmündenden Ströme auf das offene Meer ohne Einfluss ist.

Anders liegt der Fall bei abflusslosen Binnenseen, die starker Verdunstung unterworfen sind; das Todte Meer verdankt z. B. seinen ausserordentlich hohen Salzgehalt nur der Verdunstung von angesammeltem Quell-

und Flusswasser. Es stand niemals mit dem Rothen oder dem Mittelländischen Meere in Verbindung, während das Kaspische Meer umgekehrt der Rest eines alten Meeres ist, dem mehr Salz durch Anhäufung in fester Form entzogen wird, als die Zufuhr durch die Flüsse beträgt.

Das Salz wird dem Meere entzogen theils durch den Wind, welcher die Wogen peitscht und mit Wassertheilchen beladen sich landeinwärts über steppenartige Gebiete verbreitet, theils, und das ist weit wichtiger, durch die Oscillationen des Meeresspiegels, durch den Wechsel in der Vertheilung von Land und Wasser. Bei den Wanderungen des Meeres über die Ränder der Continente erlangt bald hier, bald dort in seichten, abgeschnittenen Lagunen die Verdunstung eine solche Höhe, dass die in Lösung befindlichen Substanzen des Meerwassers ausfallen. Theoretisch lässt sich ableiten, dass die Bildung isolirter, seichter Meeresbecken oder -Arme, natürlicher Salzpfannen, erleichtert wird, wenn das Meer in rückschreitender Bewegung ist, wenn es nach einer Zeit grosser Ausbreitung sich vom Lande wieder zurückzieht. Die Maxima der Salzanhäufung am Schluss der Permzeit, in der Triaszeit und während des Miocäns entsprechen einer derartigen Theorie vollkommen.

Der Vorgang der Salzbildung ist immer derselbe und spielt sich noch heute in Lagunen ab, die durch eine Sandbarre vor Zufuhr aus dem Meere geschützt werden und vom Lande keine süssen Zuflüsse erhalten. Hat Verdunstung die Wassermasse auf $^1/_5$ ihres Volumens gebracht, so scheidet sich Gyps aus, und Steinsalz, wenn die Concentration auf $^1/_{10}$ gediehen ist. Der regelmässig vom grösseren Becken über den Dünenwall oder durch einen Canal erfolgende Zufluss ergänzt das Wasser fortwährend, so dass bei gleichbleibenden Verhältnissen die Ablagerung enorme Mächtigkeit erlangen kann. Derartige Buchten wirken wie Salzpfannen. Durchbricht aber das Meer die Barre oder treibt eine Hochfluth das Wasser über sie weg, so wird die Lösung wieder stark verdünnt und erst nach einiger Zeit beginnt der Process von neuem. Jedes grössere Salzlager zeigt in dem Wechsel von Gyps mit reinem Steinsalz die Häufigkeit derartiger Schwankungen. Nur selten erreicht die Concentration des Meerwassers eine solche Höhe, dass auch die übrigen Bestandtheile ausfallen. Wenn alles Kochsalz schon ausgefallen ist, enthält der Rest der Flüssigkeit, die sog. Mutterlauge, noch immer eine Reihe von Salzen gelöst, welche deswegen als Mutterlaugensalze bezeichnet werden. Kommt es doch zu ihrer Ausscheidung, so können sie sich nur über dem Steinsalz, im sog. Abraum und nur dort finden, wo eine schnell über sie ausgebreitete Thonlage den Zutritt von Luft und Wasser und die Wiederauflösung hindert. Die technische Wichtigkeit der kalihaltigen Abraumsalze

hat in neuerer Zeit die des Steinsalzes weit überflügelt, aber nur wenige Gegenden sind in der glücklichen Lage, sie neben dem weitverbreiteten Steinsalz zu besitzen.

Wir schliessen also aus dem Vorkommen von Steinsalzlagern in allen Formationen und unter stets gleicher Art des Auftretens, dass das oceanische Wasser seit den ältesten palaeozoischen Zeiten dieselben Stoffe und in wahrscheinlich gleicher Vertheilung in Lösung enthielt, ein Schluss, der in der Art der Entwickelung des Thierlebens eine bedeutende Stütze findet. Der Salzgehalt der einzelnen Meerestheile schwankt heute und schwankte früher. Selbständige kleinere Meere mit grosser Zufuhr von Flusswasser wurden ausgesüsst, andere zu Salzlaugen eingedampft. Wie das Wasser, so durchläuft auch das Meeressalz in Folge seiner leichten Löslichkeit einen völligen Kreislauf.

Verfolgt man die Verbreitung der als Zechstein zusammengefassten Gesteine und der von ihnen eingeschlossenen Fauna, so erkennt man eine verhältnissmässig enge Umgrenzung des Gebietes. Wie das Rothliegende im unteren Theile des New Red Sandstone in England seine Vertretung findet, so reicht auch der Zechstein in das Inselreich hinüber. Schon Quenstedt verglich den Magnesian limestone vollkommen richtig unserem Gesteine. Darüber liegen Letten mit Gyps oder Dolomit, darunter bituminöse Fischschiefer, der erwähnte Marlslate. Das gilt vom Nordosten, von Durham und Northumberland, während wir nach Westen schreitend bald die Nähe der Küste erkennen; die unteren Sandsteine schwellen gewaltig an, auch oben treten mächtige Sandsteine auf, und zwischen beiden bleibt nur ein schwaches, mergeliges oder dolomitisches, versteinerungsleeres Band als letzter Rest des Zechsteins. In Irland wie in Schottland fehlt er vollständig, ebenso in Frankreich und Belgien, dagegen drängt er sich in breiter Bucht nach Deutschland hinein, lagert rechtsrheinisch bis weit nach Süden, erscheint bei Heidelberg und im östlichen Schwarzwald und lässt sich über den Odenwald, Spessart, Hessen, Thüringen, Sachsen am Nordabhange des Riesengebirgs bis nach Schlesien und Polen verfolgen, liegt in der Tiefe der nordischen Ebene und bildet auch noch eine kleine Bucht in Kurland. Dieses abgeschlossene Gebiet scheint in Folge einer Senkung vom Mittelmeere aus inundirt, später aber ganz oder fast isolirt zu sein, bis gegen Ende der Trias hin. Das Auftauchen von Zechsteinversteinerungen in Sandsteinen der Vogesen zeigt, dass das der Zechsteinfauna zugängliche Gebiet noch etwas grösser war, als die kalkigen und mergeligen Gesteine markiren. Der westalpine Röthidolomit, den man dem Zechstein parallelisirt, könnte eine der

Zugangsstrassen andeuten. Die Thierwelt dieses grossen Binnenmeeres gerieth durch die Isolirung und vielleicht auch durch die Beschaffenheit des Wassers, das in manchen Gegenden concentrirter Lauge sich näherte, in anderen fast aussüsste, in einen ausgesprochen verkümmerten Zustand. Die Zahl der Arten ist gering, die Grösse der Individuen unbeträchtlich, oft minimal, wie bei manchen Gastropoden; wohl schienen sich nur die Bryozoen zu fühlen, die in der Nähe des Thüringerwaldes, z. B. bei Gera und Pösneck, riesige Riffe bauten, die noch heute in den Character der Landschaft eintreten.

Aehnlich lagen die Verhältnisse in einem grossen Theile des europäischen Russlands. Nach dem Abschlusse der Carbonzeit war dies westlich des Urals von einem Theile des Weltmeeres durchzogen; wir werden sehen, dass ein Meer mit eigenthümlicher Fauna vom Eismeere bis weit nach Asien hinein stand. Während in der Carbonzeit nur einzelne Theile des uralischen Rückens als Inseln dem Meere entragten, bildete diese Erhebung schon das permische Ostufer. Ganz analog wie in Deutschland lässt sich nach dieser Zeit das allmähliche Zusammenziehen und Absterben des Meeres verfolgen. Die Cephalopoden verschwinden und zurück bleibt eine Fauna, die der des Zechsteines sehr ähnlich ist. Dieselben zählebigen Arten persistiren hier, wie in Deutschland-England und Nordamerika. Je mehr der Character des Binnenmeeres sich herausbildet, um so lebhafter wird das Wechselspiel zwischen Verdunstung und Zufuhr. In abgeschlossenen Buchten wird das Wasser zu Salzsoole concentrirt und Steinsalz fällt aus; die Fortsetzung dieses Processes trägt wieder zur Aussüssung des ganzen Beckens bei. Der Wasserstand sank beständig, von dem grossen schnürten sich kleinere Seen ab, von denen einige durch die Flüsse bald ausgesüsst, andere zu Salzlaken verwandelt wurden. Dies ist die Zeit des „Tatarien", der Bildung der bunten Mergel, die auch noch in die Trias sich fortsetzt, bis die Gewässer gänzlich verschwanden. Mit ganz ähnlichen bunten, gypshaltigen Letten geht auch im Westen von Texas die Permzeit zu Ende.

Trotz der analogen Fauna kann man im russischen Gebiete nur bedingt von Zechstein sprechen, da diesem ähnliche Kalke nur gelegentliche Einlagerungen in eine wechselreiche Serie von Sandsteinen, Thonen etc. bilden. Zuweilen überwiegen die limnischen Bildungen, und dann treffen wir, so in den kupferführenden Sandsteinen, auf die Reste einer Flora, die bei uns mehr mit der Rothliegendflora als mit der des Kupferschiefers harmoniren würde.

Kehren wir zurück zu den unterpermischen, marinen Schichten Russlands. Die Artinskische Gruppe lagert am Westabhange des Ural in einer

Breite von 100 Kilometern, und erstreckt sich von der Kirgisensteppe bis zum Eismeere; ein Geröllstück mit einem der für sie characteristischen Ammoniten lässt ihre Anwesenheit auch an der Wisinga (linkem Zufluss der Syssola), also 300 Kilometer weiter im Westen vermuthen, und zweifellos tritt die Artinskische Fauna auch in Buchara, bei Darwas, auf, ungeachtet der Entfernung von 1800 Kilometern, welche Darwas vom Ural trennen. Der Vergleich mit den ammonitenreichen Horizonten des Saltrange liegt nahe, aber da keine einzige Ammonitenart mit einer Artinskischen übereinstimmt, dagegen Tschernyschow die Verwandtschaft der Artinskischen Brachiopoden mit denen des tieferen Middle Productus Limestone nachweisen konnte, so muss man den Ammonitenhorizont des Pundjah für jünger halten als die Stufe von Artinsk. Noch jünger sind die Schichten von Djulfa am Araxes; hier stellen sich mit den Gattungen Otoceras und Hungarites schon triassische Typen ein.

Die Beziehungen zu dem sicilianischen Fusulinenkalk sind etwas enger; unter den Ammoniten des Val Sosia finden wir einen Artinskischen und eine Reihe eng verwandter wieder. Manche Gattungen stehen auf höherer Entwickelungsstufe, und wenn nicht, was bei der ungeheueren Entfernung zu erwägen bleibt, provinzielle oder chorologische Unterschiede vorliegen, so kann man die Schichten des Val Sosia nur für etwas jünger als die von Artinsk halten. Inwieweit ostalpine Schichten hier zu berücksichtigen sind, bedarf noch der Untersuchung; die Bellerophonkalke sind weit jünger als die Artinskische Stufe, die Schichten der karnischen Alpen nach Facies und Fauna aber schwer zu vergleichen. Ihre Beziehungen reichen nach dem Productus Limestone des Salt Range wie nach den oberen Coal Measures von Nordamerika, mit denen sie einige Arten gemeinsam haben. Leider fehlen die Ammoniten gänzlich, sodass ein Vergleich mit den Horizonten von Artinsk und Val Sosia schwer durchführbar ist. Einige Brachiopoden theilen sie mit jenen, aber es drückt sich ja schon in dem Wechsel der Fusulinen führenden Bänke mit pflanzenhaltigen Horizonten die Verschiedenheit von jenen streng marinen Absätzen aus. Am ähnlichsten liegen die Verhältnisse in Nebraska.

Die bisher beobachteten Thatsachen lassen erkennen, dass zu einer Zeit, als die echt obercarbonischen Sedimente schon vorhanden waren, in voneinander sehr entfernten Gegenden und unter verschiedener Facies Meeresabsätze entstanden, welche zeitlich schon in das Perm fallen, aber in ihrer Fauna von der in Nord- und Mitteleuropa erschienenen permischen Zechsteinfauna so sehr abweichen, dass sie nur in einem ganz abgesonderten

Meere entstanden sein können. Das Verhältniss liegt ähnlich, wie später zur Triaszeit. Wir erkennen das Vorhandensein eines äquatorial gestreckten Meeres, welches in Westen und Osten den pacifischen Ocean erreicht und ein Wandern der Arten zwischen indischen, mediterranen und nordamerikanischen Gewässern ermöglichte, und wir finden ein meridional gerichtetes Meer, welches westlich des Ural his in die arctischen Regionen führt und über Buchara sich mit dem mediterranen verbindet. Der deutsche Zechstein und das russische Perm entstanden in Becken, die von den Weltmeeren fast abgeschnürt waren.

Suess stellte einer von Norden andringenden Ueberfluthung durch das Zechsteinmeer die von Süden andringende Transgression eines Meeres mit der Fauna von Artinsk gegenüber. Seither sind aher von unseren russischen Fachgenossen, hesonders von Karpinski und Tschernyschow Beobachtungen gemacht, die sich mit dieser Hypothese nicht vertragen. Es liess sich nachweisen, dass wenigstens ein grosser Theil der Artinskischen Ammoniten sich von carhonischen Arten ableitet, die zur späteren Kohlenkalkzeit in denselben Gewässern, in der Gegend des heutigen Ural, lehten, und dass das Artinskische Meer bis zum Eismeere ausgedehnt war; es liess sich nachweisen, dass die Artinskische Stufe nicht mit dem Ammonitenhorizont des Pundjah, sondern mit tiefer liegenden Schichten gleichsteht, ebenso wie auch die von Suess als gleichaltrig angenommene Fauna von Djulfa und selbst die des Val Sosia jüngere Züge trägt. Wie weit die Vertheilung der permischen Ammoniten, sowie sie sich jetzt darstellt, von abweichenden physikalischen Bedingungen der räumlich so weit getrennten Localitäten beeinflusst ist, bedarf noch genauerer Untersuchung; vielleicht werden dereinst in Indien und am Araxes in Horizonten, die dem von Artinsk zeitlich gleich sind, reiche Ammonitenfaunen entdeckt, welche alle Speculationen umwerfen. Nach der gegenwärtigen Lage unseres Wissens lehte aber die älteste permische Ammonitenfauna im Norden und sind die Wanderungen nach Süden gerichtet, und umgekehrt deuten die spärlichen Mollusken des deutschen Zechsteines ehenso wie die geologische Umrandung seines Gebietes eher auf einen Bezug aus dem mediterranen Gehiete, als dessen abgeschnürter Anhang dieses Becken betrachtet werden kann.

In den Vereinigten Staaten ist es meist schwer, die permische Formation oder doch das zeitliche Aequivalent der so henannten europäischen Gruppe von dem oberen Steinkohlengebirge zu sondern, dem es sich in Gesteinund in Einschlüssen eng verhindet. Vielleicht, dass die Grenze noch weiter nach unten zu rücken ist und mancher dem Carhon zugesprochene

Schichtencomplex sein homotaxes Gegenstück im europäischen Perm findet. Als wahre Uebergangsgruppe characterisirt das Perm auch hier eine Fauna, welcher unverkennbar die ersten mesozoischen Typen beigemischt sind; White beschrieb aus Texas Ammoniten mit vielgeschwungenen Lobenlinien aus den Gattungen Meddlicottia und Waagenoceras, neben Gastropoden carbonischen Gepräges, die auch in jeder Kohlenkalkfauna figuriren könnten. Aus denselben Schichten, welche diese marinen Conchylien geliefert haben, stammt auch ein Theil der von Cope beschriebenen Wirbelthiere, unter denen die zahlreichen theromorphen Reptilien das höchste Interesse beanspruchen. Wenn an dem permischen Alter dieser Landthiere zuweilen gezweifelt ist, da sie in vieler Beziehung triassischen Typen nahe stehen, so scheint nach White's Darlegungen ein triftiger Grund dafür nicht vorzuliegen.

Das von permischen Ablagerungen in Texas eingenommene Gebiet erstreckt sich über viele hundert Quadrat-Miles; im Süden ist es nicht über den Concho River hinaus verfolgt, reicht im Osten vom Red River zum Colorado und im Westen vom Canadian River zum Concho, und scheint sich sehr weit in die Indianer Territories hineinzuziehen. In horizontalen Bänken bildet das Gestein, roth gefärbte Sandsteine und Schiefer, seltener Kalke [1], weithin den Boden der waldlosen Flächen, die nur hier und dort ein seichter Wasserriss oder ein niedriger Tafelberg unterbricht; wenn in der Regenzeit die hochgeschwollenen Bäche ihre rothen Fluthen thalab wälzen, so färben sie auch das Wasser des Red River und Colorado mit jenem schmutzigen Eisenroth, das diesen Strömen ihren Namen bei den Ansiedlern verschaffte. Obwohl eine feste Grenze gegen das Steinkohlengebirge kaum zu ziehen ist, so erfasst das Auge doch leicht den Contrast der Farben. Im Westen schliesst sich dem Perm nach oben eine gleichfalls roth gefärbte, gypsführende, aus Sandsteinen und Letten zusammengesetzte Formation an, welche oft zur Trias gezogen wird. Sie ist fossilleer; nur einmal ist ein Pleurophorus gefunden, eine Muschel, die in Deutschland für den Zechstein bezeichnend wäre. Man kann sie also mit mindestens dem gleichen Rechte auch für permisch erklären. Die Wirbelthiere kommen in dem erstbeschriebenen eigentlichen Perm nach seiner ganzen verticalen Ausdehnung (ca. 1000 Fuss) vor; die Mollusken etc. haben sich an den wenigen Fundstellen, die man bisher kennt, nur in der Mitte gezeigt.

1) Eine Analogie mit ausseramerikanischen Permgesteinen verdient hier hervorgehoben zu werden. Das Vorkommen von Kupfererzen in den sandigen und thonigen Schiefern, die Kupferletten von Frankenberg, die Kupferschiefer Thüringens, die Kupfersandsteine Russlands wiederholen die nämliche Erscheinung.

Den zweifellos permischen marinen Schichten in Texas und den ihnen mit grösster Wahrscheinlichkeit angereihten Gesteinen entspricht in West-Virginien und Pennsylvanien das höchste, sehr mächtige Glied der appalachischen Kohlenformation, das nach den schönen Profilen längs des Dunkard Creek, eines in den Monongahela sich ergiessenden Stromes, den Namen der Dunkard Creek Beds empfangen hat. Auf beiden Seiten des Ohio gelagert nehmen sie nur den centralen Theil des grossen appalachischen Kohlenbeckens ein. Von dem thierischen Leben jener Zeit sind nur die zierlichen Schalen kleiner Crustaceen, Fischreste und einige Insecten Zeuge; die Pflanzen wurden von Fontaine und White untersucht und als permisch erkannt. Aus dem Cassville Plant Shale stammen Formen wie Taeniopteris, Baiera und Pachypteris; auch hier also mischten sich zu dem aussterbenden Stamme der Carbonflora mesozoische Typen. Das ist ein für permische Vegetation allgemein characteristischer Zug; eine präcisere Gleichstellung mit dem deutsch-französischen Rothliegenden erlaubt der Fund von Callipteris conferta, dem schönen und weit verbreiteten Farn dieser Formation.

Die dünnen Kohlenflötze, welche in Washington Co., Pennsylvanien, noch zwischen den Kalken und Sandsteinen vorkommen, keilen sich gegen Südwesten bald völlig aus, auch die Kalke verschwinden, rother Schiefer, mächtige Sandsteine treten an ihre Stelle, und so verändert sich gegen den grossen Kanawah Fluss hin mit der Farbe des Bodens auch der landschaftliche Character; ähnlich verhielten sich, wie wir sahen, die Gesteine der Upper Coal Measures.

Die permische Formation wird noch von vielen anderen Gegenden Nordamerikas genannt, doch ist die Basis der geologischen Bestimmung nicht überall eine gleich sichere. Im südwestlichen Pennsylvanien und nördlichen West-Virginien und auf Prince-Edwards-Insel konnte man sich nur auf pflanzliche, im östlichen Illinois nur auf Wirbelthierreste, in South Park, Colorado, auf Pflanzen und Insecten und in Neu-Mexiko, Arizona, Utah und dem westlichen Colorado nur auf Lagerungsverhältnisse stützen. Die Flora ist unverkennbar permisch; eine Abnahme der carbonischen Formen tritt deutlich hervor und bestimmt hier wie in Europa, neben den characteristischen Permpflanzen, den Habitus im Ganzen. Im nordöstlichen Kansas und südöstlichen Nebraska herrscht marine Entwickelung; die Arten, von Geinitz vor Jahren beschrieben, tragen noch dasselbe Gepräge wie in den Coal Measures, die stratigraphische Grenze ist verwischt. In Texas allein tritt ein Zug in dem faunistischen Bilde deutlich heraus, der auch die Schichten von Artinsk und dem Val Sosia auf Sicilien so interessant macht, das Au-

drängen der mesozoischen Typen, die Verkündigung der kommenden Aera. Die Landfauna und Flora registrirt, wie so oft in der Erdgeschichte, die Veränderungen rascher und empfindlicher.

D. Südliche Entwickelung der permischen Schichten.

Die ältere Geologie hatte sich mit der Annahme, dass die Wärme der Erde im Verlaufe der bekannten geologischen Perioden bis zur Jetztzeit wesentlich abgenommen habe, in einen Kreis gebannt, dessen Peripherie allerdings in letzter Zeit durchbrochen ist. Erst wenn mit dieser Anschauung aufgeräumt ist, lassen sich die bisher zurückgestellten Beobachtungen richtig verwerthen. Die mit Kohlensäure beladene Atmosphäre, die feuchte Bruthitze der carbonischen Zeit sind Phantasmen, deren Nichtigkeit oben kurz dargethan ist. Eine andere Vertheilung des Landes genügt vollkommen, um die Gleichmässigkeit der Klimate zu erklären. An sich kann selbst der Gedanke einer Eiszeit am Schlusse des Carbons, vielleicht in Verbindung mit der Entfaltung continentaler Massen im Süden, nicht mehr so fremdartig berühren, wenn wir auch weit entfernt sind, ihn als bewiesene Thatsache hier zur Darstellung zu bringen. Dass eine Eiszeit die nördliche Hälfte der Erdkugel in unlängst entschwundener Vergangenheit heimgesucht hat, dass die Vereisung unserer früher eisfreien Pole als ihr Wahrzeichen noch heute in unsere Zeit ragt, sind geläufige Sätze. Werden in permischen oder carbonischen Schichten so deutliche Anzeichen einer Vergletscherung gefunden, wie sie aus Norddeutschland, Skandinavien oder Nordamerika bekannt sind, so kann das hohe Alter des Carbons sicher nicht als Gegengrund geltend gemacht werden, da es in keiner Weise eine hoch gesteigerte Temperatur involvirt. Es liegt vielmehr sehr nahe, da die Wärmeverhältnisse des Erdballes in den Zeiten, welche die historische Geologie umspannt, sich nicht wesentlich geändert haben, nach Spuren früherer Eiszeiten zu suchen. Wären es kosmische Ursachen, welche jenes Sinken der Temperatur zur Folge hatten, so müsste geradezu eine Periodicität vorausgesetzt werden, falls die Periode nicht so gross ist, dass die ganze Zeit vom Cambrium bis jetzt in sie hineinfällt. Keine der Theorien, welche eine Erklärung der Eiszeit prätendiren, hat aber eine Abhängigkeit von kosmischen Erscheinungen auch nur wahrscheinlich zu machen verstanden; immer wieder werden wir darauf hingewiesen, die Erklärung in Veränderungen der Erdrinde zu suchen, in einer derartigen Vertheilung von Wasser und Land, dass das Klima eines Theiles der Erde die zur Erzeugung und Erhaltung grosser Eismassen erforderliche

Natur erhielt. Die Veränderungen der Erdoberfläche bewegen sich nicht in rhythmischen Perioden, wohl aber nach gleichartigen Impulsen, und es wäre wohl denkbar, dass die zur Erzeugung continentaler Eismassen nöthigen Voraussetzungen sich mehr als einmal erfüllen.

Nach den Beobachtungen an alpinen Gletschern und vergletschert gewesenen Theilen der Alpen sind es besonders die Moränenbildungen und die Bearbeitung des Thalbodens und der Thalwände durch den in steter Bewegung befindlichen Gletscher, welche ein Urtheil erlauben, ob eine jetzt eisfreie Gegend einstmals vergletschert war. Der Gletscher, der sich in ein bis dahin eisfrei gewesenes Thal hineindrängt, findet hier den Schutt vor, der aus der Verwitterung der anstehenden Gesteine zum Theil an Ort und Stelle entstanden, zum Theil von den benachbarten Höhen herabgespült oder gestürzt ist. Diese Schuttmasse wird in die Bewegung des wandernden Eises mit hineingezogen und dorthin geschoben, wo das stärkere Abschmelzen dem Wandern des Eises ein Ende bereitet; die Grundmoräne häuft sich hier in Form von Stirnmoränen an, welche dem Rande des Eises parallel gelagert sind und wie Maximalthermometer registriren, wie weit das Gletscherende einstmals vorgedrungen war. Die Grundmoräne wird aber nicht allein dadurch fortgeschoben, dass die Bewegung des Gletschers sich ihr mittheilt, sondern sie friert zum grossen Theil mit dem Gletscher zusammen und macht seine Unterseite dadurch zu einer riesigen Raspel, welche überall, wo sie über nackten Felsboden fährt, diesen glättet und mit parallelen, der Bewegungsrichtung entsprechenden Schrammen bedeckt. Die Grundmoräne selbst zeichnet sich dadurch aus, dass in einer ungeschichteten, lehmartigen, aus der Zerreibung der weicheren Gesteine entstandenen Masse eine Menge Felsstücke verschiedenster Grösse eingebacken sind, welche durch gegenseitige oder durch Reibung an der Unterlage vielfach gekritzt, geschrammt oder selbst polirt, häufig kantenbestossen, aber niemals rundgeschliffen wie Flussgerölle sind. Also dreierlei zeichnet die vom Eise bewegten Massen aus im Gegensatz zu den vom Wasser transportirten und angehäuften Materialien: Mangel der Schichtung, Mangel einer Sichtung des Schuttes nach der Grösse der Stücke, und ihre eckige und gekritzte Oberfläche. Der colossale Druck des Eises bewegt mit derselben Leichtigkeit und Stetigkeit haushohe Felsen wie den zermalmten Kalkgrus, während im Flusslauf die Transportfähigkeit gegen die Mündung hin allmählich abnimmt und die grossen Gesteinsblöcke im Oberlauf liegen bleiben; selbst die Brandung des wildbewegten Meeres übt eine Saigerung des Materiales nach der Korngrösse aus, indem die rückläufige Welle nur die leicht beweglichen Theile in das

Meer hinausfluthet. Schichtung findet nur statt, wo ein Absatz aus Wasser vorwaltet und geht Hand in Hand mit der Sichtung, denn die Sandkörner oder die Schlammtheilchen sinken da zu Boden, wo die Transportfähigkeit gleich Null wird. In den Deltabildungen der Flüsse finden wir daher wohl einen häufigen Wechsel von rein sandigen und mehr kiesigen oder geröllartigen Lagen, weil die Transportkraft eines Flusses nach der Jahreszeit schwankt, aber niemals eine gleichmässige Mengung aller Grössen wie in den Moränen.

Nach den hier skizzirten Eigenthümlichkeiten hat man die Spuren der diluvialen Eiszeit über weite Länder verfolgt, die meistens das Phänomen der Vergletscherung jetzt kaum noch kennen. Auf sie ist auch das Hauptgewicht gelegt bei der Beurtheilung besonderer Gesteine auf der Grenze der palaeozoischen Schichtenreihe, die als Zeugen der carbonen oder permischen Eiszeit angerufen wurden.

Ueber der unzweifelhaften Carbon-Formation ist auf der südlichen Halbkugel eine schwer zu verstehende Bildung entwickelt, deren tiefste Schichten vielfach noch dem Carbon zugerechnet werden, während die eingeschlossenen Versteinerungen nach oben hin jedenfalls mehr den Character der mesozoischen Zeit annehmen und geringer Zweifel sein kann, dass die höchsten Lagen schon dem Rhät, der jüngsten Trias, zugehören. Die Verbreitung dieser Ablagerungen, die meist als Süsswassergebilde aufgefasst werden, erstreckt sich über ungeheuere Räume, deren Zusammenhang seit langer Zeit zerrissen ist. Südlich des Himalaya scheinen sie den Aufbau Indiens zu beherrschen und endigen in einem Abbruch nach Westen oder Südwesten hin. Aehnlich erhebt sich auf der Ostseite Südafrikas der Rand der Karrooformation in den schroff aufsteigenden Quatlambabergen, Drakenbergen und Stormbergen. Hüben wie drüben horizontal gelagerte Schichten von gleichem Habitus, manchen gleichen Pflanzen- und Thierresten, aber zwischen ihren Abbrüchen die Tiefe des indischen Oceans. Einst spannte sich nach Suess von Afrika nach Indien ein gewaltiger Continent — Gondwanaland, dessen letzte Trümmer noch zur Kreidezeit als indomadagassische Halbinsel bestanden, während jetzt nur einzelne Inseln noch übergeblieben sind.

Die Unterlage bildet in Indien wie in Südafrika das untere Steinkohlengebirge mit Pflanzen, welche auf der ganzen Erde für den Culm bezeichnend sind. Die ersten pflanzenführenden Lagen der neuen Reihe bringen einen grossen Umschwung der Pflanzenwelt, indem die carbonischen Typen sehr zurückgetreten sind und Coniferen, Cykadeen und Farngattungen von mesozoischem Habitus sich einstellen. Der Wechsel ist deutlich und

man verfolgte mit um so gespannterer Aufmerksamkeit alle Anzeichen, die auch einen Wechsel der geophysikalischen Bedingungen als Ursache ergeben möchten. Das Auftreten von Geröllschichten an der Basis nicht allein des Gondwanasystems, sondern auch in Afrika und in Australien, wo analoge Schichten vorhanden sind, die sehr ungleiche Grösse der Gerölle und die Schrammung ihrer Oberfläche mussten zu einem Vergleich mit dem nordischen Glacialphänomen der Diluvialzeit, dessen Studium gerade damals im Vordergrunde des Interesses stand, auffordern.

„Der Hauptsache nach bestehen die Talchirschichten aus zarten Thonen und sehr feinkörnigen Sandsteinen, die weniger durch deutliche Schichtung als durch Zerklüftung ausgezeichnet sind. In dieser zarten Grundmasse liegen nun bald vereinzelt, bald in Menge zusammen, aber in letzterem Falle ohne die geringste Regelmässigkeit und ohne deutliche Anordnung nach Schichten, Blöcke und Geschiebe verschiedenartiger fremder Gesteine. Sie wechseln von Faustgrösse bis zu einem Durchmesser von mehr als 4 m und zu einem Gewicht von 30 Tonnen, die gewöhnliche Grösse ist 15—90 cm Durchmesser. Sie sind meist gerundet, oft an ihrer Oberfläche geschrammt und gekritzt wie Glacialgeschiebe und rühren grösstentheils von Gesteinen her, welche weithin im Umkreise der heutigen Fundpunkte nirgends vorkommen.“ (Neumayr, Erdgeschichte.)

Schenck entwirft fast dasselbe Bild von den südafrikanischen Dwyka-Conglomeraten; die Unterlage des wahrscheinlich gleichaltrigen Vaal-Conglomerates fand er öfters geschrammt und geglättet, was auch bei den Talchirschichten Indiens zuweilen beobachtet ist. Es wird betont, dass einzelne Geschiebe auch hier mit Kritzen in der verschiedensten Richtung bedeckt sind. Bekanntlich haben Untersuchungen in der Schweiz gelehrt, dass Gerölle der Nagelfluhschichten eine nachträgliche Schrammung erhalten können, wenn in Folge von Senkungen oder Verschiebungen des Bodens die Steine gegeneinander bewegt werden. Die Riefen liegen dann aber in parallelen Richtungen und nur bei schüttelnder Bewegung, wie sie etwa ein Erdstoss im Gefolge hat, werden auch sich kreuzende Schrammen erzeugt. Geröllschichten, welche ins Gleiten kommen, furchen und poliren ihre Unterlage, aber die Karrooschichten sind fast horizontal gelagert und selten in so stark geneigter Lage, dass sie allein durch die Schwere zum Gleiten veranlasst sein könnten. Der glaciale Ursprung speciell der Vaal-Conglomerate ist sehr wohl möglich, man möchte sogar schliessen, dass sie die Grundmoräne einer vorschreitenden Eismasse gewesen sind. Es fragt sich aber, ob sie mit Recht dem Dwyka-Conglomerat gleichgestellt sind und derselbe Schluss auf diese übertragen werden kann.

Blockanhäufungen über dem australischen Culm (Lepidodendron-Sandstein) sind sowohl aus New-South-Wales wie aus Victoria beschrieben. Auffallender Weise kehrt viel weiter oben, in den jüngeren Hawkesbury-Beds von New-South-Wales, nochmals eine analoge Schicht wieder. Bildungen von den geschilderten Eigenschaften müssen auch in Südamerika eine grosse Verbreitung haben. Leider sind Versteinerungen sehr selten und nur aus der Provinz S. Paolo in grösserer Zahl bekannt. Ein Reptil ist hier an erster Stelle zu nennen, Cope's Stereosternum tumidum; es ist ident mit Gervais' lange bekanntem Mesosaurus, und von hoher stratigraphischer und zoogeographischer Bedeutung. Mesosaurus stammt nämlich aus den tieferen Karrooschichten Südafrikas, aus dem Griqua-Land, welche neuerdings in directe Parallele mit den Gondwanaschichten Indiens gebracht sind. Dem ersten von Gervais beschriebenen Exemplare, dessen Fundort nicht ganz sicher anzugeben ist, schliesst sich das von Gürich Ditrochosaurus benannte Stück an; dieses wurde in harten, schwarzen Schiefern in Westgriqualand aufgefunden. Ausser Stereosternum werden aus S. Paolo noch angeführt: Dadoxylon, ein Coniferenholz von der im Perm und auch später verbreiteten Araucarienstructur, Lepidodendron und Psaronius, ferner einige zweifelhafte Mollusken, die aus marinen Zwischenschichten zu stammen scheinen. Eine von Derby besuchte Localität in Paraná gehört nach diesem Forscher demselben Niveau an, wie die S. Paolo-Schichten. Szajnocha erwähnt von Cacheuta, Provinz Mendoza, Argentinien verschiedene Farne von „australisch-afrikanisch-indischem" Typus; auch Schenck stellt das argentinische „Rhät" besonders wegen der Thinnfeldia odontopteroides in Parallele mit den Stormbergschichten. Hettner hat von seiner Reise mehrere Kohlenpflanzen mitgebracht, unter denen sich neben Lepidodendron und Sigillaria Glossopteris-Blätter deutlich erkennen liessen. Die von Derby beobachteten Geröllschichten in angeblichem Carbon drücken den südamerikanischen Schichten noch mehr den Stempel der indischen Entwickelung auf; die Art ihres Vorkommens soll nach Derby die Idee der Thätigkeit eines Flusses oder der Meereswogen ausschliessen. Der näheren Durchforschung der brasilischen Masse muss man mit Spannung entgegensehen; leider liegen die Verhältnisse so ungünstig, dass wohl noch lange Zeit nur unklare und unsichere Angaben zu uns dringen werden.

Wenn wir die Geröll-Lager aller bisher genannten Schichten in Beziehung zu glacialen Vorgängen bringen, so darf weniger an die Grundmoräne von Inlandeis gedacht werden, als an driftende Eisberge, von denen verschleppte Blöcke in die Absätze am Boden der Gewässer hinabsanken. Selbst die Talchirsandsteine, mit der zuweilen beobachteten Schichtung und

den meist gerundeten Blöcken, lassen den directen Vergleich mit der Grundmoränenbildung nicht überzeugend erscheinen. Täuscht man sich weder über das Alter, noch über die Genese des südafrikanischen Vaal-Conglomerates, so lässt die Beobachtung doch keine Verallgemeinerung zu, und wir würden mit der Annahme, dass die Südhemisphäre überall von Eis starrte wie zur Diluvialzeit Nordamerika und das nördliche Europa, auf unüberwindliche Schwierigkeiten stossen.

Ebenso ist es undenkbar, die analog entwickelten Schichten Indiens, Australiens, Südafrikas und vielleicht Südamerikas auf ein Gewässer zurückzuführen, denn überall sprechen die eingeschlossenen Pflanzen- und Thierreste gegen die Betheiligung des Weltmeeres, überall für die Nähe des Landes und die süsse oder brackische Natur des Gewässers, in dem sie entstanden. Gewaltige Südcontinente mit meeresgrossen Binnenseen, die bei langsamer Senkung des Bodens allmählich mit mächtigen Sedimenten erfüllt wurden, alpine Gebirge mit eisbedeckten Höhen, und reissende Flüsse, auf denen steinbeladene Eisschollen thalab und den Seen zu trieben, das sind Vorstellungen, in deren Rahmen sich zwangloser das Beobachtete einfügen lässt, wenn auch nicht vollkommen.

Das Auftreten der blockführenden, angeblich glacialen Schichten an der Basis dieser merkwürdigen Systeme, denen eine solche Wichtigkeit und Constanz beigemessen wird, dass man auch ohne palaeontologische und stratigraphische Grundlage glaubt, hier gleichsam den Nullpunkt einer Scala zu haben, von dem man aufwärts rechnen kann, beruht auf der Gleichheit der physikalischen Bedingungen innerhalb des ganzen Ländercomplexes, sodass auch in den räumlich weit getrennten Binnenseen sich ungefähr gleichartige Sedimente absetzen konnten, denen die Reste einer Flora und Landfauna beigemengt sind, die überall im Süden den gleichen Habitus bewahrte.

Diese Vorstellung macht nicht die Ansprüche an unsere Phantasie, als wenn die in Frage kommenden Schichten als Reste einer Grundmoräne aufgefasst werden, welche von südpolaren, jetzt verschwundenen Festlandsmassen nach Norden geschoben wurde. Man hat sich zu erinnern, dass nach vielen Beobachtungen (und gerade denen, die für die Parallelisirung der zusammenhangslos entstandenen Schichten schwer ins Gewicht fallen) schon die Geschiebe führenden Sandsteine Pflanzenreste einschliessen, welche gleichzeitig mit deren Bildung am Rande des Sees wuchsen. Hier konnten die klimatischen Einwirkungen einer Eiszeit nicht schwer hervorgetreten sein, hier wuchsen selbst noch echt carbonische Typen neben den Cycadeen und Farnen der neuen Zeit. Die Eisschollen, welche die Anhäufung der grösseren

Blöcke veranlasst haben, müssen weither gekommen sein, wir müssen die eigentlichen Phänomene der Eiszeit in anderen Gegenden suchen, als wo wir ihre Schuttbildungen treffen, auf den Gebirgsrücken jener Zeit. Ob die in Indien und Südafrika gelegentlich festgestellte Schrammung des Untergrundes auf locale Gletscher oder auf driftende Eisfelder zurückzuführen ist, oder ob sie dereinst eine ganz andere, oben gestreifte Erklärung finden werden, sei dahingestellt. Die von Flüssen transportirten Schollen können naturgemäss nicht solche Dimensionen besitzen, dass sie beim Aufsitzen auf dem Grunde Wirkungen hervorrufen, die denen vorrückender Gletscher ähneln, auf den Seen selbst können sich aber nach dem Character der Ufervegetation keine Eisfelder erzeugt haben. Noch bleibt eine andere Erklärung, die gegenwärtig im Hintergrunde steht. Wer jemals den zerstörenden Ausbruch eines Wildbaches gesehen hat, weiss, dass hier in kürzester Zeit gewaltige Massen, oft bergsturzartig bewegt werden. Wie ein Bergschlipf, so kann auch der Gesteinsstrom eines Wildbaches den Boden und die Wände seines Bettes schrammen, und die im Thale niederschlagenden Massen schieben sich auch bei geringem Gefälle oft noch weithin, ehe ihr Ungestüm sich erschöpft. Wildbachsgeschiebe sind nie abgerundet, häufig gekritzt; in den Ablagerungen mischen sich alle Grössen, da bei der Gewalt des Ausbruches alle mit gleicher Schnelligkeit transportirt werden, und man kennt Meeresbuchten, deren normalen Sedimenten häufig durch die von den Ufergehängen stürzenden Wildbäche Geröllmassen beigemischt werden.

Wir müssen hier vor allem anführen, dass eine Hauptstütze für die Annahme der carbonischen Eiszeit in dem Wechsel der Flora erblickt wird. Die Schlüsse werden in folgender Weise summirt: In Australien lagern über den typisch untercarbonischen Schichten mit Lepidodendron u. a. kohlenführende Schichten im Wechsel mit marinen, die eine jungcarbonische Fauna beherbergen. Während sich die Thierreste denen der Kohlenkalkfauna anschliessen, ist die Pflanzenwelt anders geartet, in vorausgeeilter Entwickelung, die in Europa erst im mesozoischen Zeitalter erreicht wird, und zugleich im Gegensatz zu der Flora der unterlagernden Culmschichten. Glossopteris ist gewissermassen die Standarte dieser Pflanzengesellschaft. Da dieselbe Flora in den genannten indischen und südafrikanischen Schichten vorkommt, sind auch diese als carbonisch anzusprechen. Die allgemeine Verbreitung der Flora setzt ein zusammenhängendes Festland voraus, auf dem die Pflanzentypen ihre Wanderungen vollziehen konnten. Die allgemeine Verbreitung von glacialen Conglomeraten an der Basis der ganzen Schichtenserie giebt die Erklärung, welche Ursachen den Umschwung der Flora bewirkten. Die

alten Typen der warmen Steinkohlenperiode mussten vor den Einwirkungen der Eiszeit vergehen, während die Glossopterisflora dem kälteren Klima angepasst war und sich geradezu mit ihm verbreitete. Die Glossopterisflora mit ihren Cycadeen und Coniferen wurde die Mutterflora unserer triassischen, die sich in Europa um ein volles Zeitalter später ansiedelte.

Die Schwierigkeiten, auf welche diese geistreiche, besonders von Waagen vertretene Hypothese trifft, sind gross, selbst wenn die als bewiesen angenommenen Thatsachen es wirklich wären. Es sind viele Beobachtungen bekannt geworden, welche zur Vorsicht mahnen. Zunächst sei die enorme Ausdehnung der „Glossopterisflora“ berührt. Nicht allein Indien, Südafrika und Australien sind von ihr bewohnt, sondern auch Tonkin, Afghanistan, ja selbst Südamerika gehören zu ihrem Reiche. Wir bekämen einen erdumspannenden Continent, der sämmtliche südliche Landmassen und noch einen Theil der äquatorialen Länder in sich vereinte. An eine totale Vereisung der Festländer ist wie gesagt nicht zu denken, sondern hier überall war ja Pflanzenwuchs vorhanden. Man weist auf die Hochgebirge hin, deren Gipfel, mit Firn und Gletschern beladen, ihre Eisströme gegen die Ebenen vorschoben. Auf ihren alpinen Höhen erwuchs die Glossopterisflora und in demselben Grade, wie die Kälte sich verbreitete, rückte sie zum Thal und in die Ebenen, während die wärmebedürftige Carbonflora dahinsiechte.

Wo lagen aber die Hochgebirge, diese Kältecentren jener Abkühlungsperiode? Die Unterlagen der Karrooformation sind horizontale Sandsteine und Dolomite, die nur an den Rändern der südafrikanischen Tafel etwas gefaltet erscheinen, hier aber zugleich mit den jüngeren Dwyka- und Ekkaschichten, sodass also die gebirgsbildenden Kräfte erst spät eingesetzt haben. Das heisst nichts anderes als: Zur Zeit, in welcher die „glacialen“ Conglomerate sich bildeten, war Süd- und wahrscheinlich auch Centralafrika weit und breit eine Tafellandschaft; die letzten Phasen des Devons und die ältere Carbonzeit hatten das sinkende Faltengebirge in Schlamm und Kalk eingehüllt, eine Ebene geschaffen, aus welcher erst die lange währende Erosionsarbeit seit der Trias her die alten Faltenzüge zum Theil wieder blosgelegt hat. Lässt sich aber ein Glied aus der Kette scheinbar homologer Vorkommen sprengen, so wird das Ganze bedroht.

Es hat auch seine Bedenken, die Glossopterisflora für ein Kind der Hochgebirge zu halten, das sich in kühleren Regionen gestählt hatte, um während der carbonen Eiszeit die Welt zu erobern. Die mesozoische Zeit war im Ganzen nicht kälter als die carbonische oder permische; Vegetationsbilder, die wir gegenwärtig nur in den Tropen sehen, enthüllen sich noch

aus dem Studium der Wealdenschichten, und die Cycadeen, welche zur Permzeit als alpine Pflanzen gelten, werden hier wieder als tropische Typen angesprochen. Man hat aber auch Andeutungen, dass die Umwandlung der palaeozoischen Flora auf breiterer Grundlage erfolgte und dass dieser Vorgang selbst der nördlichen Hemisphäre nicht fremd war. Stur, welcher mit Entschiedenheit daran festhält, dass die Glossopterisflora dem Perm angehört, machte auf die Verwandtschaft von Sagenopteris (permische Kohlenflötze bei Hurr) mit Glossopteris aufmerksam, von der er dreizählig gruppirte Blätter sah, wies auf die Taeniopteris des Rothliegenden, auf Pterophyllum blechnoides aus den badischen Grenzschichten zwischen Carbon und Perm hin, das sehr an das indische Platypterygium Balli erinnert, und glaubt, dass in unserer Permflora ein verkrüppelter Rest der Glossopterisflora vorliege.

Wichtiger noch sind die Entdeckungen in den Verrucano-Schichten der Seealpen.

Bei S. Lorenzo, in der Nähe des Städtchens Borgo, gelang es den Bemühungen von De-Stefani und Ristori, eine verhältnissmässig reiche Flora aufzufinden, nachdem schon viel früher S. de Bosniaki ein vereinzeltes Lepidodendron dort gesammelt hatte. Dem letzteren Gelehrten verdanken wir eine interessante Arbeit über den Fund.

Zieht man die häufigsten Reste zuerst in Betracht, so ergiebt sich eine grosse Aehnlichkeit der Flora mit jenen jüngeren carbonischen, die in engem Zusammenhange mit den nächstfolgenden permischen auftreten; eine grosse Anzahl von Arten zieht sich aber noch weit in das Perm hinein, und von besonderer Wichtigkeit erscheinen Pflanzen, wie Schizoneura, Trizygia speciosa und pteroides, besonders aber Glossopteris, die sich zwar bei S. Lorenzo nur in schlechten Fragmenten, bei Jano aber in einem ausgezeichneten Exemplare fand. Schizoneura, Trizygia und Glossopteris sind Characterpflanzen der indischen Damuda-Schichten, deren wir oben gedachten; die Thatsache, sie in europäischen Permschichten, zusammen mit Lepidodendron, Calamiten, Annularien etc. zu finden, ist ausserordentlich wichtig. Es sei nur daran erinnert, wie Schizoneura in Europa erst seit der Trias, in der indisch-australischen Provinz aber seit dem Perm bekannt war, dass Trizygia (und gerade auch die Art Tr. speciosa) nur den Damuda-Schichten der Gondwana-Region eigen zu sein schien, und dass Glossopteris gradezu typisch geworden ist zur Characterisirung der grossen südlichen Pflanzenprovinz, in der zuerst schon im Carbon die Anfänge der mesozoischen Flora sich regen sollten, deren Ausläufer erst viel später Europa erreichten.

„In der That, wenn wir in Betracht ziehen“, so schreibt De Bosniaki,

„dass in unserer verarmten und zugleich unvollkommen überlieferten permischen Flora, und zwar häufig schon seit der ersten Phase dieser Epoche, nämlich in den Uebergangsschichten vom Carbon zum Perm, der grösste Theil der hauptsächlichen und für die Talchir-Damuda-Schichten und die ihnen äquivalenten Muree-New-Castle-Ablagerungen eigenthümlich erachteten Typen erscheint, wie Glossopteris, Sagenopteris, Taeniopteris, Macrotaeniopteris, Schizoneura, Trizygia, Walchia, Pterophyllum, so ergiebt sich als genügend beglaubigt, dass in der letzten Phase des productiven Carbons sowohl in Europa wie in Australien eine Flora von mesozoischem Habitus existirte, und dass sie zusammen mit den langlebigen Steinkohlentypen hinreichend Erklärung für die allmähliche und stufenweise Entwickelung der palaeozoischen und mesozoischen Flora giebt, ohne zurückzugreifen auf die Flora der indo-australischen Festländer.“

Man mag dies erklären, wie man will, und Bosniaki nimmt das Problem wiederum von einer ganz anderen Seite, soviel geht daraus hervor, dass der Wechsel der Vegetation im Süden auch auf der Nordhalbkugel seine Parallele hat und dass, wenn es nicht gelingt, ein organisches Entwickelungscentrum der Glossopterisflora sicher zu beweisen, wir hier vor Synchronismen stehen, die nicht einmal den Schluss post hoc ergo propter hoc anzuwenden gestatten. Die permische Flora Europas scheint ebensowenig ein Umwandlungsproduct der nächstälteren carbonischen zu sein, wie die Gondwanaflora Indiens, obwohl die Verschränkung beider grösser ist, als man vielfach anzunehmen scheint. Dann müssen wir aber noch weiter in die Zeiten zurückgreifen, nach noch unbekannten Gegenden und Erdschichten uns umsehen, um die Mutterflora zu finden, deren Ausläufer in die gleichalterigen Permfloren Europas, Indiens, Australiens, Südafrikas und anderer Länder eindrangen.

Dass die Glossopterisflora, d. h. die ältesten Spuren derselben über den echtcarbonischen Schichten des Südens, speciell Australiens in das permische Zeitalter gehört [1]), wird von Stur behauptet und mit Gründen gestützt. Die

1) Das Vorkommen von Glossopteris ist an sich nicht genügend, eine sichere Altersbestimmung zu machen. Die Pflanzen sind, wie fast allgemein anerkannt, keine empfindlichen Chronometer. Glossopteris, die in Argentinien und Australien mit Carbonpflanzen Gesellschaft hält, erhält sich in Victoria bis in den Jura, tritt auch im russischen Jura auf und soll selbst im Tertiär noch vorhanden gewesen sein. Die Hauptentfaltung liegt innerhalb der triassischen Zeit; bis zur Trias erhielten sich aber auch noch carbonische Typen, wofür die von Blanckenhorn beschriebene Sigillaria ein Beispiel ist, ferner die Stigmaria ähnlichen Rhizome, die als Pleuromoia bekannt sind. Die Wirbelthierreste werden uns einst eine genauere Altersscala der permotriassischen Binnenentwicklung aufzustellen erlauben.

marinen Schichten, die in Australien mit den pflanzenführenden wechsellagern, wurden von Waagen den nordamerikanischen Coal-Measures gleichgestellt und für obercarbonisch erklärt. Nach der Art und Weise, wie wenigstens die oberen amerikanischen Coal-Measures mit oberpermischen Ablagerungen in Verbindung treten, kann es aber wohl als wahrscheinlich bezeichnet werden, dass sie eher mit unserem Rothliegenden zu vergleichen sind. Im Liegenden der permischen Kalke des Salt-Range sind Block-Conglomerate verbreitet, in denen Concretionen mit palaeozoischen Fossilien vom Alter der Coal-Measures sich fanden. Die Blockanhäufungen bilden den unteren Horizont des Speckled-Sandstone, der weiter oben Fusulinen und schon Arten des Productus Limestone's enthält; Warth traf sie unmittelbar über den sog. Neobolus-Schichten, die Waagen früher für carbonisch hielt, die jetzt aber als cambrisch erkannt sind.

Das Alter der Blockanhäufungen kann also hier nur nach oben als limitirt gelten, d. h. sie müssen älter als der permische Saltrange-Kalk sein. Nimmt man an, dass diese Gerölle auf die gleiche Weise und zu gleicher Zeit im Meere angehäuft wurden, wie die Conglomerate der Talchir-Schichten etc. in Landseen, so findet dieser Schluss auch hier Anwendung. Eine andere Beziehung auf die marine Schichtenfolge erlauben nur die Schichten des Stony-Creek in New-South-Wales; die Pflanzen bestehen aus Phyllotheca, Glossopteris, Nöggerathiopsis und Annularia, die Thiere aus obercarbonischen oder permischen Arten, und wenn die hier gefundenen Gerölle den oben genannten synchronistisch sind, so ereignete sich die sog. Eiszeit im Beginn des Perms, also zu derselben Zeit oder nur unwesentlich früher als die mesozoischen Pflanzentypen in Europa auftreten.[1] Ein Causalnexus zwischen der Veränderung der Vegetation und geophysikalischen Vorgängen ist vorläufig nicht zu erweisen, der Zusammenhang mit der Wärmeabnahme am Schluss der Carbon- oder am Anfang der Permzeit (wenn überhaupt die gesammelten Thatsachen genügten, dies als sicher hinzustellen) unwahrscheinlich. In Oceanien, auf den Südspitzen der Continente, in äquatorialen Gegenden und im südlichen Europa erscheinen zu gleicher Zeit neben den alternden Typen des Carbons die Sendboten der mesozoischen Aera. In manchen Gegenden, wo ein unmerklicher Uebergang von der limnischen Entwickelung des Steinkohlengebirges zum Perm hinüberführt, wie in einem grossen Theile Deutschlands, fehlen sie fast oder ganz; wo sie in grosser Menge sich einstellen,

1) Auch in Afghanistan treten nach Griesbach's Untersuchungen über dem Kohlenkalk Schichten vom Character der Talchirgruppe auf, die mit permischen, marinen (Productus Limestone) wechsellagern.

schliessen Carbon und Perm nicht lückenlos oder in gleicher Facies an einander. Es mag sein, dass das Klima der Permzeit sich vielerorts sehr von dem der Carbonzeit unterschied, es mag auch sein, dass während des Uebergangs der einen in die andere Zeit die Temperatur auf der südlichen vorübergehend soweit sank (bei gleichzeitiger Vermehrung des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft), dass hochgelegene Länder vereisten. Es ist aber schon deswegen nicht wahrscheinlich, dass die permische, resp. die mesozoische Flora durch die vordringenden Gletscher gezwungen wurde, ihre kühleren Wohnstätten zu verlassen, weil wir ihre Reste unter und über den sog. glacialen Conglomeraten finden, und das Verschwinden des Eisphänomens ohne jeden Rückschlag auf ihre Ausdehnung und die Höhe der Entwickelung blieb.

Die Pflanzen und Thiere des carbonisch-permischen Zeitalters.

Die Kohlenflötze und die Schiefer, welche sie im Hangenden uud im Liegenden einfassen, sind die Friedhöfe jener längst entschwundenen Vegetation, welche die Länder und Inseln der palaeozoischen Aera überspann. Gewaltige Riesen ruhen dort, deren schlanke Säulenformen sich ebenbürtig neben unsere stolzesten Nadelbäume stellen, die Kraftgestalten aus Geschlechtern, die in der Gegenwart hinter anderen, jüngeren Gewächsen kaum beachtet werden, aber neben ihnen auch manches Blatt aus jenem zarten Schleier, der von Baum zu Baum die Lücken des Waldes deckte oder auf der Oberfläche dunkler Gewässer sich wiegte. Das Wachsthum war rasch und üppig wie in den dunstigen Urwäldern der Tropen, der Ausdruck imposant, die Formen schön aber einförmig. Wenige Arten beherrschten jeweilig eine Fläche; ihre Reste blicken uns auf jeder Spaltfläche der Schiefer entgegen und setzen wesentlich die Kohlen eines bestimmten Flötzes zusammen. Auch unsere nordischen Wälder erhalten ihre Stimmung von wenigen Arten, aber wo nur das Licht durch die Lücken des Laubdachs reichlicher einfällt, reiht sich Blüthe an Blüthe und erfreut Auge und Herz, während in den Wäldern der Steinkohlenzeit auch die Kleinen Gestalt und Wuchs der grossen Kryptogamen wiederholen, und Phanerogamen nur durch hohe, schmucklos blühende Nadelhölzer und Cordaiten vertreten waren. Die breiten Kronen unserer Laubbäume fliessen im Walde zu einem Gewölbe zusammen, das von den schlanken Stämmen wie von Pfeilern getragen wird; in den carbonischen Wäldern strebt jedes Individuum möglichst zum Lichte empor, alle Kräfte concentriren sich im Spitzenwachsthum; die Nadelhölzer wie die in den Calamarien zum Gigantischen ausgeweitete Form der Schachtelhalme oder die

massiven Sigillarien erlangen ihre Vollendung im pyramidalen Wuchse und palmenartig erheben sich die Säulen der Baumfarne über das besiegte Gestrüpp.

Weitaus am häufigsten wurden in den Schiefern Reste von Farnen gefunden und zwar sind es meist nur mehr oder weniger grosse Theile der Wedel, welche erhalten sind. Die schnirkelförmig eingerollten Blatttriebe sind selten, noch seltener aber vollständig ausgewachsene Wedel, sodass von vielen Arten, trotz ihrer Häufigkeit, nicht einmal der Umriss des ganzen Blattes und der Grad der Fiederung bekannt sind. Die auf der Rückseite der Wedel oder an besonders umgestalteten Blättern entwickelten Fructificationen sind meist bis zur Unkenntlichkeit zerdrückt und zerstört, die Blattnerven sind dagegen in dem feinen Thonschiefer bis in die letzten Fasern zu verfolgen, und so war es ganz natürlich, dass das System der palaeozoischen Farne, das wir A. Brongniart verdanken, auf dieses stets zugängliche Merkmal aufgebaut wurde. Verhältnissmässig wenige grössere Gruppen liessen sich hiernach im Carbon und Perm ausscheiden, die wichtigsten Formenkreise sind Pecopteris, Sphenopteris, Odontopteris, Neuropteris, Callipteris (oder Hemitelites), ferner Taeniopteris und Glossopteris. Schon Göppert begann diese Gattungen zu zerspalten, sich ebenfalls auf die Nervatur stützend, während heutzutage das inzwischen angesammelte Material von gut erhaltenen Fructificationen, die für eine natürliche Systematik vor allem wichtig sind, als Fundament für die Errichtung einer Reihe Gattungen benutzt ist, die nach ganz anderen Principien abgegrenzt sind als die alten und sich daher vielfach mit diesen decken. So unangenehm dieser Zwiespalt der Benennungen ist, so muss doch anerkannt werden, dass die neueren Methoden uns wesentlich gefördert haben. Man weiss dadurch, dass zur Carbon- und Permzeit die auch heute noch in den Tropen existirende Familie der Marattiaceen in höchster Entwickelung stand, dass Botryopterideen und Ophioglossaceen (die schönen Gattungen Rhacopteris und Nöggerathia), Hymenophyllaceen (ein grosser Theil der Sectionen Hymenophyllites und Trichomanites von Sphenopteris), Gleicheniaceen (Diplotmema) und wohl auch Cyatheaceen in den carbonischen Niederungen häufig waren (Fig. 54 u. 55). Eine besondere Erwähnung verdienen die schönen, verkieselten Farnstämme des sächsischen Rothliegenden, die wohl meist zu Marattiaceen gehören, aber, da man ihre Blätter und Fructificationen nicht kennt, als Psaronius für sich geführt werden müssen. Während die Farne auch in der Gegenwart noch zu den stärker hervortretenden Pflanzen gehören, haben die Lycopodiaceen seit der palaeozoischen Zeit rapide an Bedeutung verloren. Gegenwärtig werden zwei kleine, aber sehr ver-

breitete Familien unterschieden: die Lycopodiaceen und die Selaginellen. Beide kommen auch in den Steinkohlenschiefern vor, viel wichtiger sind aber die baumartigen Formen, für die wir in unserer Flora nichts Aehnliches zum Vergleich heranziehen können. Ueber der Wurzel noch meterstark, 40 bis 50 Fuss hoch, zu einer Art Krone dichotomisch verzweigt, an den jüngeren Theilen der Aeste mit langen, steifen, spitzigen Blättern besetzt, gewährten diese Pflanzen, Bäume einen sehr eigenartigen Anblick, der sehr wenig an ihre krautartigen lebenden Verwandten erinnert. Wo die Blätter abgefallen sind wie an dem Stamme und den unteren Theilen der Aeste, treten scharf ausgeprägte Blattpolster erhaben hervor, welche in spiralen Linien um den



Fig. 54. Oligocarpia (Pecopteris) Kliveri Potonié.

Eine Blattfieder mit Fructificationen, vergrössert. Links ein Sorus mit den kreisförmigen Abdrücken und Sporangien, stärker vergrössert. Aus d. Steinkohlengebirge v. Saarbrücken. (Nach Potonié.)



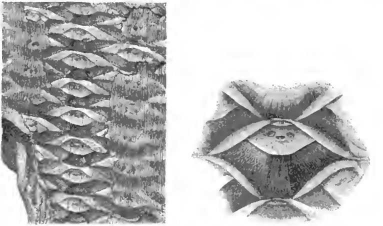
A B

Fig. 55. Hymenotheca Dathei Potonié.

Ein Hymenophyllum ähnlicher Farn aus der alten Gruppe der Sphenopteris mit Fructificationen. *A* in nat. Gr., *B* zweimal vergrössert. Aus dem Steinkohlengebirge von Schwadowitz. (Nach Potonié.)

Stamm geordnet sind. Die cylindrischen, ährenförmigen Fruchtstände, als Lepidostrobus bezeichnet, liegen oft massenhaft in den Schiefern verstreut; sie standen bei den Lepidodendren im engeren Sinne an den Spitzen der Zweige, bei anderen, wie Bothrodendron, Ulodendron und Lepidophloios in 2 oder 4 Reihen an den Stämmen und stärkeren Aesten, wo sie nach dem Abfallen grosse schüsselförmige Narben hinterliessen. Besonders bei verkalkten oder verkieselten Exemplaren ist die Erhaltung so günstig, dass man selbst die Sporen untersuchen konnte, welche in den Sporangien eingeschlossen waren; durch die Entwickelung von Macrosporen und Microsporen in demselben Fruchtstande schliessen sich die Lepidodendren mehr den he-

terosporen Selaginellen als den Bärlappen an. Dass den mächtigen Stämmen der Lepidodendren eine andere Structur zukam, wie den zarten Axen der Selaginellen, ist nicht auffallend; die histologischen Unterschiede der Gewebe zeigen hier wie oft im Pflanzenreiche nicht eine tiefgreifende Trennung der Geschlechter, sondern andere mechanische Lebensbedingungen an. Besonders hervorzuheben ist das Dickenwachsthum der Stämme, was allen lebenden Lycopodiaceen fehlt. Immerhin ist der centrale Holzkörper relativ klein; er wird von einer Bastzone umgeben, und dann folgt, den grössten Theil des Stammes bildend und im Innern oft zerstört, die dicke, parenchymatöse Rinde. Die Beobachtungen, dass auf der Grenze zwischen Bast und Holz



A *B*

Fig. 56. Rinde von Sigillaria Defrancii Brongniart mit den Blattpolstern.
In *A* ist ein Theil der obersten Rindenschicht abgesprungen, wodurch die undeutlich gezeichnete, längsgestreifte untere Schicht zum Vorschein kommt. *B* ein einzelnes Blattpolster, vergrössert. Auf der Abbruchsstelle des Blattes 3 Male, deren mittleres die Spur des Blattbündels ist, während die seitlichen als Gummikanäle gedeutet werden. (Nach E. Weiss.)

sich secundäres Holz bildet, welches den Bast nebst dem Bildungsgewebe gegen die Peripherie drängt, sind zweifellos.

Den Lepidodendren waren die Sigillarien nahe verwandt, aber im Habitus weit verschieden. Beim Bau des Friedrichsthaler Tunnels der Saar-Nahe-Bahn wurde ein ganzer Wald freigelegt, den Goldenberg beschrieben hat. Die dicken Stämme enden in geringer Höhe wie Zuckerhüte oder mit abgerundetem Scheitel, mehr an Cacteen als an den Farnen verwandte Pflanzen erinnernd; Beispiele von Verzweigung sind nur selten beobachtet. Die Beblätterung war ähnlich der der Lepidodendren, doch sind die Blattpolster mehr in die Breite gezogen, oft hexagonal, und ihre ursprünglich spirale Anordnung verwischt,

indem senkrechte Rippeu die Rinde entlang laufeu und die Blattpolster zu sog. Orthostichen vereinigen (Fig. 56). Wo diese Rippen fehlen, wie bei der Abtheilung Leiodermaria, oder wo die Blattpolster seitlich so spitz ausgezogen sind, dass sie sich einander berühren, tritt die spirale Anorduung wieder deutlich hervor. Grössere Narben zwischen denen der Blätter deuten die Abbruchsstelle der Fruchtstände an, in denen, wie es scheint, nur eine Art Sporen, Makrosporeu, entwickelt wurden. Die von Renault aufgestellte Meinung, dass ein Theil der Sigillarien, nämlich die Leiodermarieu, zu den Phanerogamen gehöre, beruhte auf dem Funde einer Aehre, deren Bracteen auf der Unterseite Pollensäcke mit Pollenzellen trugen; sie ist nicht mit Sigillarienresteu im Zusammenhange gefunden, und mag nach Schenck's Ansicht einer Cycadee

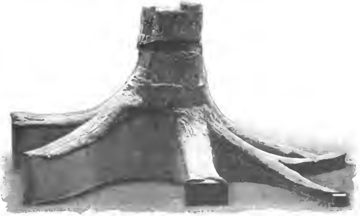


Fig. 57. Die grosse Stigmaria in dem Lichthofe der Bergakademie zu Berlin. Aus dem Steinkohlengebirge des Piesberges bei Osnabrück. Stark verkleinert. (Nach Potonié.)

angehören. Die Structur des Holzes schliesst sich auf das Engste der von Lepidodendron an; das Dickenwachsthum durch Bildung secundären Holzes ist ganz besonders deutlich. Die nahen Beziehungen beider Gruppen werdeu auch schlagend dadurch illustrirt, dass ihre Wurzelstümpfe kaum von einander zu unterscheiden siud (Fig. 57). Da sie meist isolirt vorkommen, sind sie als Stigmaria für sich beschrieben; ihres Vorkommens ist oben schon gedacht. Sie theilen sich nach unten in vier Aeste oder in rascher Folge zweimal dichotom, und dann weiter in stets sehr flach liegende Zweige, welche mit vertieften Narben bedeckt sind. Diese stehen im Quincunx und tragen leicht abfallende, fingerförmige Anhänge, welche über den Enden der Zweige sich knospenförmig zusammenneigen. Man hat es offenbar nicht mit Wurzeln im ge-

wöhnlichen Sinne des Wortes, sondern mit Rhizomen oder unterirdischen Stammbildungen zu thun, an denen die Anhänge die Rolle der Blätter spielen. Die flache Verbreitung der Rhizomäste macht das ganze zu einer soliden Basis der schweren Stämme sowohl auf dem durchfeuchteten Erdboden wie im Moraste selbst.

Ein völlig abweichendes Bild boten die schlanken, mit wirtelförmigen Aesten besetzten Calamarien, welche in vieler Beziehung an die lebenden Schachtelhalme erinnern, aber im Einzelnen sich doch auch wieder sehr von ihnen unterscheiden. Liegt ein genetischer Zusammenhang vor, der besonders durch die Aehnlichkeit der Fruchtstände befürwortet wird, so sind die Equisetaceen seit ihrer carbonischen Blüthezeit im beständigen Rückgange begriffen, der sich nicht allein in der Abnahme der Grösse und der Mannichfaltigkeit der Arten, sondern auch in bestimmten Rückschritten der Organisation bekundet. Jene Calamarien waren schlanke, holzige Stämme, deren Holzkörper beständigen Dickenzuwachs nach aussen erfuhr, nach innen aber von einem weiten Markrohr durchsetzt wurde. Das lockere Gewebe des Markes wurde rasch zerstört und durch Gesteinsmasse ersetzt; an den Steinkernen riefen die vorspringenden, keilförmigen Enden des Holzkörpers senkrechte Furchen, die Diaphragmen in den Knoten oder Internodien Querfurchen hervor, und so ist das, was man Calamites genannt hat, eigentlich nur die Ausfüllung des Markrohres weit umfangreicherer Stämme, über deren holzige Structur besonders die verkieselten Calamodendren und Arthropitys aus dem Rothliegenden von Chemnitz Auskunft ertheilt haben. Dicht unter jedem Knoten des Stammes sassen schmale, grasähnliche Blätter, über dem Knoten trat der Wirtel der Aeste aus. Eigenthümlich, aber wiederum an die Equiseten erinnernd, ist die Befestigung der Pflanzen im Boden. Entweder ist der Stamm hier spindelförmig verjüngt, und sendet von den gedrängt einander folgenden Knoten an Stelle der Aeste zahlreiche Wurzeln in das Erdreich, oder es existirt ein horizontal fortwucherndes Rhizom, dem die kegelförmigen, etwas gebogenen Enden der Stämme angeheftet sind. Der Habitus des Baumes hängt sehr davon ab, ob die Verzweigung an allen Gliedern eintritt (Eucalamites) oder nur periodisch (Calamitina), oder unregelmässig. Die feineren Verzweigungen sind oft ganz abweichend beblättert und es ist wahrscheinlich, dass dem Eintritt dieser Beblätterung die Ausbildung der Sporangienstände rasch folgte. Bei Asterophyllites sind die Blätter nadelförmig, wie an der Spargelpflanze, bei Annularia breiter, an der Spitze abgerundet und an der Basis zu einem Ringe oder einer Scheide verwachsen. Auch die Sphenophyllen, mit wirtelförmig gestellten, umgekehrt keilförmigen, aber am Grunde

nicht verschmolzenen Blättern werden von Stur u. A. für die Blätter fructificirender Calamiten gehalten, doch haben Autoritäten wie Schenck gegen diese Vereinigung Widerspruch erhoben. Die Fructificationen der Calamiten bilden Aehren von sehr wechselnder Form, unter denen auch die Gestalt der Schachtelhalm-Aehren wiederkehrt, ein wichtiger Beweis für den Zusammenhang dieser Gruppen.

Die Phanerogamen sind durch Nadelhölzer, wie es scheint, aus der Verwandtschaft der Araucarien, und durch die ausgestorbenen Cordaiten und Medullosen vertreten. Die Cordaiten erhoben sich in schlanken Stämmen, die oben eine verzweigte, aber immer pyramidale Krone mit einer den Liliaceen oder Dracaenen ähnlichen Belaubung bildeten. Die Büschel dieser Blätter wurden daher lange auf Palmen bezogen, obwohl nach dem gegenwärtigen Standpunkt des Wissens die Monocotylen im Palaeozoicum überhaupt noch fehlen. Das Holz des Stammes stimmt in seiner Structur völlig mit dem der Coniferen überein, ist aber durch die weite, von einem gefächerten Mark durchzogene Höhle zu unterscheiden. Die Blüthenstände (Cordaianthus) lassen über die Stellung dieser Pflanzen unter den Gymnospermen keinen Zweifel, zu einer engeren Anknüpfung an eine der lebenden Gruppen liefern aber auch die in grossen Mengen gefundenen Samen (Cardiocarpus, Trigonocarpus etc.) keinen Grund; man könnte ebensowohl an Taxaceen wie an Cycadeen denken. Doch darf man nicht ohne Weiteres alle gefundenen Samen auf Cordaiten deuten, da unzweifelhaft, wenigstens im oberen Carbon, auch den Zamien ähnliche Cycadeen vorkommen. Zu den Cycadeen mögen auch die als Medullosa bezeichneten verkieselten Hölzer von Chemnitz etc. gehören, obwohl sie unter ihnen einen isolirten Formenkreis bilden müssten; Schenck deutet an, dass die immer als Farne aufgeführten carbonischen Taeniopteris die zungenförmigen Blätter der Medullosen sein mögen.

Inmitten der hier kurz skizzirten Vegetation lebte eine sehr mannichfaltige Landbevölkerung, obwohl wir erst verhältnissmässig wenige ihrer Arten kennen. In morschen Baumstämmen, wie sie in den amerikanischen Kohlenfeldern mit Rinde und Inhalt versteinert aufbewahrt sind, lebten Lungenschnecken aus noch gegenwärtig existirenden oder ihnen nahe verwandten Gattungen ihr stilles Dasein, und in dem Muhn des Hohlraumes hatte auch ein kleiner Panzerlurch, Dendrerpeton acadianum, seinen Schlupfwinkel. In den kleinen Binnengewässern häuften sich die Schalen von Phyllopoden und Ostracoden oft in grossen Massen an, während der seltene Anthracopalaemon die Existenz der ältesten langschwänzigen Krebse verkündet. Zahlreich sind die Reste der Tausendfüssler, Skorpione und Insecten, unter denen freilich die

auf die dicotylen Blüthenpflanzen angewiesenen noch fehlen; auch spinnenartige Thiere sind mehrfach gefunden (Fig. 58, 59). So gehören die abgebildeten Anthracomartus und Kreischeria zu einer ausgestorbenen Unterordnung der Opiliones, während Protolycosa, Eolycosa und Palaranea von Haase zu den echten Araneen gerechnet werden. Sie bilden hier die Unterordnung Arthrarachnae, deren Abdomen deutlich in mindestens 7 Ringe zerfällt.

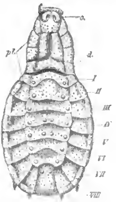


Fig. 58. Kreischeria Wiedei Geinitz. Nat. Gr. (restaurirt). Aus dem Steinkohlengebirge von Zwickau. (Nach E. Haase.)
o = Ocellen, *pl* = Pleuren, *d* = Rückenplatte, *I—VIII* Hinterleibssegmente.

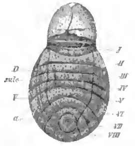


Fig. 59. Anthracomartus Voelkelianus Karsch. Fast 2 mal vergrössert. Aus dem Steinkohlengebirge von Neurode in Schlesien. (Nach E. Haase.)
D = Rückenplatte, *sulc.* = Dorsopleural-Naht, *V* = Bauchplatte, *a* = After, *I—VIII* die Hinterleibssegmente.

Besonderes Interesse gewähren die zahlreichen Reste landbewohnender Wirbelthiere, unter denen die amphibischen Stegocephalen bei weitem überwiegen (Fig. 60).

Vor allem fesselt bei der Betrachtung dieser alten Amphibien die starke Entwickelung von Hautknochen, die bei lebenden Amphibien fast ganz zurückgebildet sind, oder in eigenartiger Metamorphose auftreten. Ein einzelnes Schild liegt in der Rückenhaut der Hornkröte (Ceratophrys), drei kleine Schilder kommen bei Brachycephalus vor; bei den Blindwühlen oder Coecilien ist das Hautskelett durch knöcherne Schuppen vertreten, die in taschenartige Vertiefungen eingesenkt sind. Die uns am meisten bekannten Typen der Amphibien haben aber eine nackte Haut.

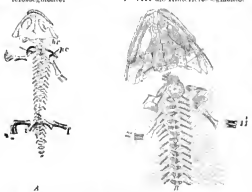


Fig. 60. Branchiosaurus amblystomus Credner.
A Larve mit Resten der Kiemenbögen (*br*), *pc* Praecoracoid, *i* Ileum *B* Vordere Hälfte eines erwachsenen Exemplars, mit den Kehlbrustplatten, dem Schultergürtel und dem Bauchpanzer. Aus dem Mittel-Rothliegenden des Plauenschen Grundes. Nat. Grösse. (Nach H. Credner.)

Bei den Branchiosauren ist zwar der Rücken nackt wie bei Amphibien,

aber der Bauch durch ein Schuppenkleid geschützt, dessen zahlreiche Stückchen in regelmässige, zur Mittellinie des Körpers symmetrische Reihen geordnet sind. Vielleicht war in noch früheren Zeiten auch der Rücken gepanzert; die starke Entwickelung der mit dem Schädel in Verbindung getretenen Hautknochen, ihre oft grubige Sculptur deuten dies an. Drei grosse, der Brust aufgelagerte Hautknochen werden als „Kehlbrustplatten“ bezeichnet; sie tragen alle Merkmale von Hautossificationen, gelangen aber doch in innigere Verbindung mit dem Schultergürtel selbst bei diesen alten Thieren und verdienen eine besondere Betrachtung. Wir bezeichnen die Mittelplatte als Interclavicula und die seitlichen als Claviculae oder Schlüsselbeine; damit ist eine bestimmte Homologisirung ausgesprochen, die zugleich den Weg bezeichnet, den die Entwickelung dieser Knochen der höheren Wirbelthiere genommen hat. Bei Archegosaurus sind die drei Platten zweifellos Theile des Hautpanzers, dessen Schuppchen ihre Contouren gleichsam umfliessen; die Sculptur ist dieselbe grubige wie die des Schädeldaches. Bei Branchiosaurus, Discosaurus und Hylonomus dagegen fehlt jene Sculptur, wie H. Credner in seiner Monographie der Stegocephalenfauna von Niederhässlich gezeigt hat, ihre Oberfläche ist glatt, und noch mehr, die Reihen des Bauchpanzers setzen ununterbrochen über die drei Stücke hinweg; hier liegen sie also innerhalb des Hautpanzers und treten in Beziehung zum Schultergürtel. In dieser Situation und Function können wir die drei „Kehlbrustplatten“ der Stegocephalen durch alle Ordnungen der Wirbelthiere bis zu den höheren Säugethieren hinauf verfolgen, immer in Anschluss an den Schultergürtel, meist ihrer Bildung nach als Hautknochen leicht erweislich, zuweilen aber auch knorplig praeformirt (wie z. B. die Schlüsselbeine des Menschen), und dann von den primären Elementen des Schultergürtels um so schwerer zu sondern. Nur bei den Schildkröten sind sie wiederum dem Bauchpanzer eingefügt, aber in ganz anderer Weise, indem sie ihrerseits die Basis für membranös praeformirte Deckknochen bilden, die rasch innig mit ihnen verschmelzen. Im Innern des Bauchpanzers liegen sie also auch hier. Nebenbei bemerkt liegt in dieser Genese des Schultergürtels ein fundamentaler Unterschied gegenüber den Ganoiden und Knochenfischen, der eine directe Ableitung der höheren Wirbelthiere von diesen unmöglich macht.

Zweifellos waren die Stegocephalen den Amphibien nahe verwandt, wenn sie gleich in einigen Punkten auch mit den höher gestellten Reptilien Aehnlichkeiten aufweisen. Schwankend in ihrer Grösse haben doch die meisten in ihrer Gestalt die Umrisse eines Molches, dessen Schwanz ebenso verkürzt wie verbreitert ist. Viele fundamentale Eigenschaften sind solche der Am-

phibien. Nur ein Sacralwirbel trägt die Knochen des Beckens und der Hintergliedmaassen; die meisten Knochen der Extremitäten sind hohle Röhren, deren Gelenkenden nicht verknöcherten; die eigentliche Schädelkapsel bleibt zum grössten Theil lebenslänglich knorplig, und das feste Schädeldach wird nur von Hautverknöcherungen gebildet; die einspitzigen Zähne sind den zahntragenden Knochen gerade aufgewachsen. Dazu kommt, besonders zu betonen, die Entwickelung aus kiemenathmenden Larven, wie wir sie bei Molchen und Fröschen, aber bei keinem Reptil beobachten.

Ziehen wir den Schädel lebender Amphibien noch näher zum Vergleich heran, so finden wir bei beiden grossen Abtheilungen einen wesentlichen Schwund der Deckknochen gegenüber der ziemlich vorgeschrittenen Entwickelung verknöcherter Schädelelemente. Verknöchert sind bei Urodelen die seitlichen Hinterhauptsbeine und die Knochen der Gehörkapsel zum Theil. Vollständig ausgefallen sind unter den Deckknochen die Lacrymalia, Postfrontalia, Postorbitalia, in Zusammenhang mit der bedeutenden Ausdehnung der Augenhöhlen, die Temporalia, in Zusammenhang mit der mächtigen Zunahme der Schläfen-Flügelbeinmusculatur. Neu hinzugekommen ist das Orbitosphenoid.

Bei den Anuren hat die Musculatur eine noch grössere Concentrirung der Mittellage des Schädels hervorgerufen, sodass Frontalia und Parietalia meist zu einem unpaaren Stücke verschmelzen.

Alle bekannten Stegocephalen, auch die Riesenformen der Trias, zeigen deutlich das sog. Foramen parietale, eine zwischen den beiden Scheitelbeinen, oder auf der Grenze zwischen Scheitel- und Stirnbeinen, oder auch (bei einigen eidechsenartigen Reptilien) zwischen den Stirnbeinen auftretende scharf begrenzte Lücke in der Umwandung des Gehirnes, die einen directen Zugang zur Hirnhöhle bildet. Ausser bei Stegocephalen findet es sich bei vielen Reptilien, dagegen mangelt es (mit einzelnen Ausnahmen wie Palaeobatrachus) den jüngeren Amphibien, also den muthmasslichen Nachkommen der Stegocephalen oder ihnen nahestehender Geschöpfe, eben sowohl als den sämmtlichen Fischen, unter denen man die Vorfahren der Stegocephalen zu suchen pflegt. Das Scheitelloch steht in directer Beziehung zu der Zirbeldrüse oder Epiphyse des Gehirnes, welche nach Untersuchungen an lebenden Reptilien und Amphibien entweder in das vorhandene Scheitelloch hineinragt oder doch nur wenig tiefer liegt. Die Untersuchungen Baldwin Spencer's und H. de Graaf's haben sehr eigenthümliche Verhältnisse dieses Organes kennen gelehrt, welche in ihm ein rückgebildetes, unpaares Auge vermuthen lassen, und bei der Grösse des Scheitelloches einiger ausgestorbenen Gattungen lässt sich wohl schliessen, dass damals dieses Organ auch seine Functionen noch erfüllte.

Die Epiphyse entsteht durch eine Ausstülpung des Daches des Mittelhirns, hat eine birn- oder pilzförmige Gestalt und bleibt durch den verengerten Stiel meist im Zusammenhange mit dem Mittelhirne. Zuweilen trennt sich aber auch der obere blasenförmige Theil von dem Stiele völlig ab und verliert jede Verbindung mit dem Gehirne; so ist es bei der Blindschleiche, wo es unter dem Scheitelloche liegt, so bei allen Molchen, wo kein Scheitelloch existirt und das Ende der Epiphyse ausserhalb der Schädeldecke liegt. Hier kann von Sinnesfunctionen des Organes keine Rede sein, obwohl der Bau der Zirbeldrüse auch bei der Blindschleiche noch die Linse, Stäbchen- und Pigmentschicht eines Auges zeigt. Dagegen tritt bei Hatteria, Iguana und Chamaeleon nach de Graaf's Angaben noch ein Nerv zu dem Scheitelorgane, das völlig innerhalb des Scheitelloches liegt, und obwohl die äussere Körperhaut auch hier den Zutritt des Lichts verhindert und die Thätigkeit der Nerven brach gelegt hat, so ist doch der Schritt von diesem Verhalten zu dem eines functionirenden Auges nicht mehr weit. Wie gesagt, die Grösse des Scheitelloches ausgestorbener Thiere, besonders auch der Stegocephalen, spricht sehr dafür, dass ihm ein empfängliches Scheitelorgan eingelagert war, welches erst später im Verlauf der Stammesgeschichte verkümmerte. H. Credner machte an einem Schädel des Anthracosaurus raniceps aus dem Steinkohlengebirge die wichtige Entdeckung, dass die Hautschuppen, welche hier alle Schädelknochen überziehen, das Scheitelloch völlig freilassen und gegen seinen Umfang hin so regelmässig an Grösse abnehmen, dass man auch nicht an eine Zufälligkeit der Erhaltung denken kann. Hier also lag das Scheitelloch muthmasslich wie die Augenhöhlen offen, und stand das ihm eingesenkte Organ noch unter der directen Einwirkung der Aussenwelt. Cope hat sogar die Hypothese aufgestellt, dass Diadectes, ein Reptil aus dem Perm von Texas, allein auf dieses Scheitelauge angewiesen war, da dieses auffallend gross, die Augenhöhlen relativ klein sind und anscheinend Canäle für den Zutritt der Sehnerven zu den seitlichen Augen fehlten. Da die Oberarmknochen bei Diadectes sehr an die der Monotremen oder selbst an die des Maulwurfs erinnern, schreibt Cope ihm eine wühlende, unterirdische Lebensweise in Höhlenbauten zu, wodurch die Reduction der eigentlichen Augen erklärlich würde. Jedoch sind dies vorläufig willkürliche Annahmen, und es darf auch nicht verschwiegen werden, dass Autoritäten wie Leydig das Scheitelorgan überhaupt nicht als rudimentäres Auge auffassen, sondern als ein Lymphorgan, da der angeblich zum Hirn führende Nerv ein Lymphgefäss sei. Nach Beraneck's neueren Untersuchungen soll allerdings die Nervennatur des fraglichen Stranges feststehen, doch liefe er ohne Verbindung mit der Zirbeldrüse

zum Mittelhirn, sodass es sich um zwei völlig isolirte Organe handeln würde, um das nach vorn gelegene Parietalauge und die weiter hinten befindliche Zirbeldrüse. Die interessante Frage ist demnach noch nicht völlig geklärt und der Palaeontologe thut gut, mit seinen Rückschlüssen aus dem Befunde der vergleichenden Anatomen zurückzuhalten.

Reptilienreste sind in den älteren carbonischen Schichten noch nicht gefunden, sondern erst im Rothliegenden und Kupferschiefer Deutschlands, in den permischen Ablagerungen Russlands und Nordamerikas, aber die beiden Gruppen oder Ordnungen, auf welche die gefundenen Arten sich vertheilen, sind so verschiedenartig, dass wir die Existenz von Reptilien nicht erst von der Permzeit an datiren dürfen. Auch kennen wir nur landbewohnende Arten, obwohl die Rückwanderung der Reptilien in das Meer sicher auch in jenen Zeiten schon sich vollzog.

Die Reste eines im Kupferschiefer vorkommenden Reptils waren schon Leibnitz, Lück und Swedenborg bekannt; letzterer bildete es als Felis marina (Seehund, nicht Meerkatze) ab, Spener hielt es richtiger für ein Krokodil, Cuvier für eine versteinerte Warneechse (Monitor), aber erst H. v. Meyer gab eine richtige und erschöpfende Darstellung der ihm bekannten Funde, und stellte den Namen Protorosaurus auf. Ein Schädel ist leider nur an dem in London bewahrten Exemplar und auch hier sehr undeutlich erhalten; die Thiere hatten den Habitus einer langgeschwänzten, 1—2 m langen Eidechse und besassen spitzige, in Alveolen eingesenkte Zähne.

In neuerer Zeit sind in den schon erwähnten Rothliegend-Kalken von Niederhässlich im Plauenschen Grunde viel kleinere, aber offenbar sehr nahe verwandte Reptilien entdeckt, deren verwandtschaftliche Beziehungen zu der an der Küste Neuseelands lebenden Hatteria viridis, der Brückenechse, H. Credner nachwies (Fig. 61). Zu dieser Palaeohatteria gesellte sich als späterer Fund noch das fragmentäre Skelett einer dritten Gattung, des Kadaliosaurus. Was diese (und zwei mangelhaft bekannte Gattungen aus dem französischen Perm) auszeichnet, ist die Verbindung von Characteren, die in späterer Zeit nicht mehr zusammen gesehen werden, sondern verschiedene Ordnungen kennzeichnen, und der in manchen Punkten unentwickelte Zustand des Innenskelettes, der an die frühen Stadien in der Ontogenese gegenwärtiger Reptilien erinnert. In der Terminologie des Darwinismus sind diese palaeozoischen Reptilien demnach zugleich Collectiv- und Embryonal-Typen. Das gilt auch in gewissem Grade von Hatteria, dem einzigen Nachkommen dieser Gruppe, die die Gegenwart erlebt hat; mit auffallender Zähigkeit sind solche Merkmale, wie die zwei Schläfenbogen, die Keilknochen (Intercentra) zwischen den am-

phicoelen Wirbeln, die Bauchrippen, die 2 Centralien in der Handwurzel, das unbeweglich dem Schädel eingefügte Quadratbein festgehalten, während in der Bezahnung, die in den ältesten Zeiten aus schlanken, spitzigen, gleichförmigen Zähnen bestand, allerdings eine eigenthümliche Specialisation erreicht ist, indem jeder Zwischenkiefer nur einen breitgedehnten Schneidezahn trägt. Während Hatteria wie eine Reliquie der Vorzeit von der Natur an einer einsamen Stelle der Erde aufbewahrt ist, war ihr Geschlecht in alten Zeiten weit verbreitet und lässt sich, wie Palaeohatteria beweist, bis in das palaeozoische Zeitalter direct zurück verfolgen. Die ganze, durch Verwandtschaft zusammengehaltene Gruppe der mit jener einzigen Ausnahme erloschenen Formen bildet die Ordnung der Rhynchocephalia, die oben genannten palaeozoischen Gat-

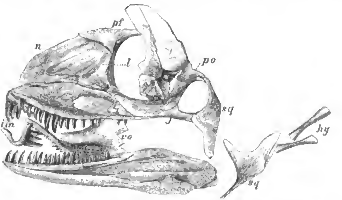


Fig. 61. Palaeohatteria longicaudata Credner. Aus dem Mittel-Rothliegenden des Plauenschen Grundes. Nat. Grösse. (Nach H. Credner.)
im = Zwischenkiefer, n = Nasenbein, l = Lacrymale, pf = Praefrontale, po = Postorbitale, sq = Squamosum, vo = Vomer, hy = Zungenbein.

tungen die Unterordnung der Proganosaurier; von ihnen sollen nach Baur alle anderen Unterordnungen sich abgezweigt haben. Eine andere Auffassung sieht in den Rhynchocephalen weniger die Urreptilien, als einen alterthümlichen Zustand der osteologischen Ausbildung, der von allen, im übrigen schon getrennten genetischen Linien der Reptilien durchlaufen ist. Es ist natürlich schwer, zwischen diesen beiden Ansichten eine scharfe Grenze zu ziehen. Zweifellos ist, dass in Hatteria sehr alterthümliche Charactere festgehalten sind, und dass sie der letzte Ueberrest einer seit dem Palaeozoicum verbreiteten Gruppe ist, zweifellos auch, dass wir in sämmtlichen anderen Reptilienordnungen bald dem einen, bald dem anderen dieser Charactere in Combination mit neu erworbenen begegnen, aber es giebt doch auch alterthümliche Eigenschaften in

anderen Ordnungen, die bei den Rhynchocephalen nicht auftreten, und es giebt auch manche Eigenschaften, die diese mit dem angeblich jüngsten Stamme der Reptilien, den Lacertiliern, theilen. Die Verallgemeinerung, dass wir durch die Rhynchocephalen, indem wir dies oder jenes Merkmal weglassen oder abändern, ein Bild der ältesten Reptilien erhalten, ist um so weniger begründet, als die Brücke, die zu dem gleichaltrigen Geschlechte der permischen Theriomorphen hinüberleitet, doch nur sehr schmal ist.

Im Perm von Russland sind Reste eines Dicynodonten gefunden, einer besonders in der Trias stärker hervortretenden Reptilgruppe, die man mit allen anderen Ordnungen leichter als mit den Rhynchocephalen zusammenstellen kann. Die Bezahnung ist auf zwei furchtbare Fangzähne concentrirt, die bei Oudenodon (vielleicht dem Weibchen des Dicynodon) fehlen, sodass der scharfrandige Kiefer schildkrötenartig aussieht; fünf oder sechs von den amphicoelen Wirbeln verwachsen zu einem Heiligenbein und die Beckenknochen wie bei Säugethieren zu einem Os innominatum; Schultergürtel und Humerus erinnern an Monotremen. Diesen Anomodontiern, wie sie Richard Owen nach ihrer auffallenden Bezahnung nannte, schliessen sich die im Perm von Texas und Neumexiko in schönen Exemplaren gefundenen Theriodontia mit raubthierähnlicher Bezahnung in den wichtigsten osteologischen Characteren an. Schon R. Owen und Cope hoben die Beziehungen hervor, die zu den Säugethieren hinüberzuleiten scheinen. Würde sich diese Vermuthung eines genetischen Zusammenhanges dereinst fester begründen lassen, so wäre dies eine Bestätigung des oben ausgesprochenen Satzes, dass die specialisirten Formen die Träger des Fortschrittes sind. Einstweilen lassen sich die Beziehungen der Theromorpha zu den Säugethieren aber auch immer noch ähnlich deuten, wie die der Dinosauria des mesozoischen Zeitalters zu den Vögeln — als Convergenzen des Knochengerüstes in Folge ähnlicher Lebensweise und mechanischen Gebrauches. Wir müssen diesen Gegenstand verlassen. Das sei nochmals hervorgehoben, dass schon im Ausgang des carbonisch-permischen Zeitalters die Reptilien in so verschiedenartigen Formen auftreten, dass ihre Geschichte noch weit zurück verfolgt werden muss, ehe sie mit der der Amphibien zusammenfliesst. Die Stegocephalen, deren kiemenathmende Larven in der kalkigen Ausfüllung des kleinen Sees von Niederhässlich zu Tausenden liegen, sind trotz mancher an den Typus der Reptilien erinnernder Eigenschaften echte Amphibien.

Werfen wir noch einen kurzen Blick auf die marine Fauna. Im Allgemeinen lehrt ihre Untersuchung, dass für die Entwickelung des Thierlebens die schon viel früher empfangenen Impulse noch massgebend sind. Manche

Gruppen haben sich überlebt und erschöpfen sich, wie die Trilobiten, im langsamen Ablauf, andere stehen in hoher Blüthe und übertreffen ihre devonischen Vorfahren an Reichthum der Arten und Individuen, ohne vom Bauplan in wesentlichen Punkten abzuweichen, noch andere sind im Stadium rascher Entwickelung, das eine solche Blüthezeit vorbereitet. Nichts Plötzliches, Ueberraschendes, überall Bewegung in den erwarteten Bahnen, hier zögernd, dort rascher. Invasionen neuer Typen, wie sie dem Zusammenfliessen getrennter Meere oder den Veränderungen der Tiefe nachzufolgen pflegen, sind in grösserer Ausdehnung selten und auf die permische Zeit beschränkt.



A

B

Fig. 62. Lithostrotion junceum Flem.

Aus dem Kohlenkalk. A Theil eines Korallenstockes in natürl. Grösse. B Ansicht eines einzelnen Kelches von oben, vergrössert. (Nach F. Roemer.)

Wenn wir unsere kurze Uebersicht mit den niedrigsten Formen beginnen, so verdienen gerade hier die Foraminiferen eine bevorzugte Stelle. Nur einmal noch in der ganzen Folge der Schichten kommt es zu einem ähnlichen Anschwellen, nämlich im älteren Tertiär, und auch da handelt es sich innerhalb der grossen Abtheilung um einen enger begrenzten Formenkreis, der durch Grösse und enorme Zahl der Individuen sich heraushebt. Dort ist es die Familie der Nummuliten, im Carbon die der Fusulinen, welche nach unserer Erfahrung auch auf diese Formation beschränkt ist. Neben ihnen, die ganze Gebirge zusammensetzen, treten die anderen Gattungen weit zurück. Einige von ihnen (Textularia, Nodosaria) haben sich fortgepflanzt bis auf die Gegenwart, andere, wie Agathammina, scheinen dem Carbon eigenthümlich. Im Allgemeinen sind die nach Neumayr alterthümlicheren, kieselig-sandigen Schalen den kalkigen gegenüber häufiger als später, d. h. wenn man die Zahl der Gattungen als Massstab nimmt, denn die alle an Bedeutung überragende Fusulina hat kalkiges Gehäuse.

Unter den Coelenteraten sind Korallen, durchweg von dem geschilderten Habitus der Rugosa und Tabulata, wenn auch mit einigen neuen, auf die Formation beschränkten Gattungen (Lithostrotion (Fig. 62), Michelinia), sehr häufig, Spongien dagegen selten. Es fehlt an Gesteinsbildungen aus jenen Gründen, in denen die Meerschwämme sich üppig entfalten. Die Seelilien dagegen sind in keiner anderen Formation in gleicher Formenfülle bekannt; in Nordamerika

sind in den Schichten der Keokuk-Gruppe Indianas ganze Wälder dieser zierlichen Geschöpfe versteinert. Hier ist Gelegenheit geboten, besonders das Heer der echten oder Eucrinoidea zu durchmustern, während in den kieseligen Schichten von Texas die Kelche von Blastoideen (Pentremites, Granatocrinus u. a.) in gleicher Häufigkeit auftreten. Ihre festgefügten, aber ausserordentlich zierlichen Kelche sind in trefflicher Erhaltung in vielen Gegenden gesammelt, aber bei der eingehenden Kenntniss ihres Baues ist doch das Dunkel, welches über ihrem Verhältniss zu den übrigen Crinoideen liegt, noch nicht ganz gelichtet. Sie schliessen sich am nächsten den Cystideen an und scheinen einen Seitenzweig dieser vielgestaltigen Gruppe vorzustellen (Fig. 63). Ueber einer aus drei Theilen bestehenden Basalplatte baut sich die Wandung des Kelches zunächst aus 5 grossen Tafeln auf, die vom oberen Rande her tief ausgeschnitten sind; 5 kleinere Tafeln, die sog. Deltoidstücke, sind je zwei benachbarten Aesten der Gabelstücke aufgesetzt und setzen die Umgrenzung der Ausschnitte nach oben fort. Diese werden in einer eigenen Weise aus-



A B C

Fig. 63. Pentremites sulcatus Roemer.
Aus demnordamerikanischem Kohlenkalke. Etwas vergrössert. (Nach F. Roemer.) *A* Ansicht von oben, mit den 5 den Scheitel umstellenden Oeffnungen der Hydrospiren, *B* von der Seite, *C* von unten.

gefüllt, die ihnen fast das Aussehen der Ambulacralfelder eines Seeigels verleiht. In der Mitte liegt ein langes, einheitliches „Lanzettstück", dem jederseits zahlreiche kleine Plättchen aufgelagert sind. Zwischen ihren verschmälerten Aussenseiten und dem schrägen Rande der Gabel- und Deltoidstücke scheinen Spaltporen nach innen zu führen, die mit den zum Austritt der Ambulacralfüsschen bestimmten Poren der Seeigel und Seesterne verglichen wurden. Zugleich stehen sie aber in Beziehung zu einem anderen Organe, welches, wenigstens in dieser Form, den Blastoideen eigenthümlich ist, und nur im Allgemeinen den Poren und Canälen der Cystideen verglichen werden kann. Billings machte zuerst in einer geistvollen Arbeit auf die sich hier bietenden Analogien aufmerksam. An einem Cystideenkelche treten aber oft sehr verschiedenartige Poren auf, die wohl nicht demselben Zwecke untergeordnet waren, und nicht alle setzen sich gegen das Innere in Röhren fort, auch sind diese Röhren oft radial gestreckt, wie hohle Stacheln. Mit welchen wir die von Billings „Hydrospiren" genannten Organe der Blastoideen homologisiren

sollen und welches die Function war, der diese dienten, ist noch nicht sicher, obwohl der Gedanke an respiratorische Thätigkeit am nächsten liegt.

Bei dem abgebildeten Pentremites (Fig. 63) liegen unter jedem „Pseudoambulacralfelde" zwei meridional gestreckte Röhrenbündel, welche, abgesehen von ihrer Verbindung mit den Spaltporen, in 5 den Scheitel und den Mund des Kelches umstellende Oeffnungen ausmünden. Diese 5 Oeffnungen, von denen eine stets grösser ist und zugleich als After gedient haben mag, werden bald als „Spiracula" aufgefasst, also dem Respirationssystem eingefügt, bald als Genitalspalten, wozu das Verhalten der Ophiuren und Euryaliden auffordert. Keinenfalls kann man aber, trotz der äusseren Aehnlichkeit, den Scheitel der Blastoideen mit denen der Seeigel vergleichen, deren Mundöffnung stets dem Scheitelapparat gegenüber liegt. Auch weiss man, dass die „Porenstücke" der Blastoideen gegliederten, kalkigen Anhängen als Träger dienten, die offenbar den Pinnulis der Seelilien entsprechen und bei anderen Echinodermen nicht vorkommen. Zieht man den untersilurischen, durch die Zeichnung seiner Platten und das Vorhandensein einer Klappenpyramide den Cystideen sehr nahe stehenden Cystoblastus zum Vergleiche heran, so ergiebt sich hier ein bemerkenswerther Anknüpfungspunkt. Die sog. Poren der Blastoideen liegen dort als lange, schraffurähnliche Spalten auf den die Ambulacralfelder begleitenden Platten und führen zu zarten, weit in das Innere hineinragenden Röhrchen. Die Ausschnitte der Gabelstücke sind von zahlreichen, alternirend gestellten Plättchen gefüllt, deren jedes in zwei Theile zerfällt und auf einem hufeisenförmigen Sockel eine gegliederte Pinnula trägt. Ambulacralporen fehlen hier vollständig und es ist ersichtlich, dass das zu den Pinnulis führende Wassergefässsystem hier nur nach aussen gelagert gewesen sein kann. Abgesehen von dem den Blastoideen eigenthümlichen Lanzettstückchen erhält man ein dieser Gruppe entsprechendes Verhalten, wenn man sich denkt, dass die langgezogenen Schlitze des Cystoblastus allmählich auf die abfallenden Seitenflächen der Gabelstücke gedrängt werden, wo sie dann die „verticalen Rinnen" des Pentremites resp. dessen Spaltporen darstellen würden. So fügt sich der Formenkreis der Blastoideen schliesslich auch dem grösseren der Cystideen als eine allerdings sehr selbständig entwickelte Gruppe ein.

Andere Echinodermen sind seltener; abgesehen von einigen Seesternen und den seltenen Kalkkörperchen der Holothurien sind besonders Echinoideen bekannt. Unter ihnen sind die Anfänge mehr als einer Gruppe vertreten, aber alle zeichnen sich, wie auch die schon erwähnten älteren Arten, durch die grosse Anzahl der Tafelreihen und die gelenkige Verbindung der einzelnen

Platten aus. Archaeocidaris repräsentirt die späteren Cidariden, Melonites (Fig. 64) und Palaechinus die Echiniden.

Bryozoen sind überall, wo das Steinkohlensystem in mariner Ausbildung auftritt, häufige Erscheinungen unter den Fossilien, und in dem Zechsteinmeere, das einst die Gegenden Thüringens bedeckte, haben die Gattungen Fenestella und Acanthocladia Riffe aufgebaut, die noch heute zu dem Character der Landschaft beisteuern. Die mit ihnen in der Classe der Molluscoidea vereinigten Brachiopoden erscheinen mit den alten Geschlechtern; bemerkenswerth ist der Aufschwung der seit dem Devon gekannten Gattung Productus, leicht kenntlich an den langen, hohlen Stacheln, die oft um fremde Gegenstände geklammert sind. Die sog. nierenförmigen Eindrücke im Innern der kleinen Schale sind nach Neumayr der Rest des mit der Schale ver-

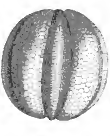


Fig. 64. Melonites multipora Norw. Aus dem nordamerikanischen Kohlenkalke. Um die Hälfte verkleinert. Ambulacralfelder vertieft, in der Mitte erhaben.



Fig. 65. Posidonia Becheri Goldf. Aus dem westfälischen Culm.

wachsenen Armgerüstes. Noch vor Beginn der mesozoischen Aera scheint die ganze Familie der Productiden erloschen zu sein.

Zweischaler und Gastropoden stehen in ruhiger Fortentwickelung bis in die permische Zeit; von jenen erwähnen wir nochmals die wichtige Gattung Posidonia (Fig. 65), von diesen die in vielen Arten verbreiteten Euomphaliden (Fig. 66), deren systematische Bedeutung schon früher berührt wurde. Dieses Bild einer aus sich selbst heraus wirkenden Differenzirung des von Alters her überkommenen Materiales wird im Perm gestört; neue Elemente gesellen sich hinzu, die aus weiter Ferne zu kommen scheinen. Das bezieht sich aber nicht sowohl auf unsere Zechsteinfauna, welche in Folge der Isolirung des Meeresbeckens sehr verarmt ist, als auf die mit dem Kohlenkalk innig verknüpften Permschichten der Mittelmeerländer und anderer Gebiete.

So stehen wir in der alpinen Trias vor der unzweifelhaften Thatsache, dass eine Anzahl Arten in den carbonischen und permischen Meeren der südlich gelegenen Meeresprovinz wurzeln, und dieser Zustrom führte besonders auch die zahlreichen Ammonitidier herbei, die durch verwickeltere Biegungen der Scheidewände und ihrer Suturen sich vor den während der ganzen Zeit bei uns herrschenden Goniatiten (Fig. 67) auszeichnen. Die Trilobiten sterben mit der Gattung Phillipsia aus, dagegen treten echte Limuliden und Phyllopoden auf.

Fischreste sind in den hochmarinen Schichten nicht gerade häufig, doch an einzelnen Localitäten, wie z. B. Armagh in Irland, in Massen zusammen-

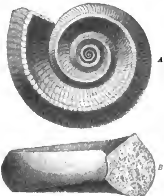


Fig. 66. Euomphalus pentangulatus Sowerby. Aus dem Kohlenkalk. (Nach F. Roemer.)
A von oben, *B* von der Seite gesehen.

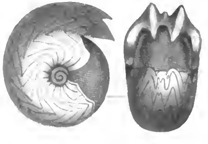


Fig. 67. Goniatites sphaericus Martin. Aus dem westfälischen Culm. (Nach F. Roemer.) Typus einer im Carbon verbreiteten Goniatitengruppe (Carbonarii). Von der netzförmig gerippten Schale ist nur ein kleiner Rest erhalten.

geschwemmt, und gehören meist der Classe der Haifische an. Häufiger finden sie sich in den Absätzen der Strandgewässer und der Binnenseen, so in den Coal Measures, im Rothliegenden und im Kupferschiefer. Es lässt sich nicht verkennen, dass die Ganoiden und Haifische in Schichten vorkommen, die man nur als Süsswassergebilde betrachten kann, wenn auch eine gelegentliche Verbindung mit der See existirt haben mag; daneben liegen sie wieder in marinen Gesteinen, und wir wissen ja, dass Ganoiden noch bis in die untere Kreide hinein in Meeresschichten vorkommen. Dieselbe Biegsamkeit gegenüber den Anforderungen des Lebens zeigten sie auch schon im Devon. Allerdings handelt es sich stets um ausgedehnte Binnengewässer; in Süsswasserseen von solcher Grösse haust auch gegenwärtig manche relicte marine Form.

Aber in jenen alten Zeiten handelt es sich nicht um zurückgelassene Theile der grossen marinen Fauna, welche sich dem Wechsel der Wasserbeschaffenheit allmählich anpassten, sondern um die Thatsache, dass dieser Wechsel die ihm gegenwärtig zuzumessende Bedeutung für die Lebenskraft jener Fische gar nicht hatte. Die letzten Ganoiden haben sich, wie bekannt, in einige Ströme hinaufgezogen, oder sind, wie die Störe, in der Einwanderung begriffen; die Selachier sind extrem marin, wenn auch gelegentlich ein Roche oder ein Küstenhai in den Flüssen aufwärts dringt. Die Frage liegt nahe, wie es gekommen sein mag, dass diesen Gruppen, die schon in uralter Zeit sich an das süsse Wasser gewöhnt hatten oder doch nicht an das Salzwasser gebunden waren, die Herrschaft in den Flüssen und Binnenseen entgangen ist. Bei den Ganoiden mag man die Ursache darin suchen, dass ihr Schwanken zwischen verschiedenen Lebensgewohnheiten sie nicht zu einer vollkommenen Anpassung an eines der Medien kommen liess, sodass sie hierin von den aus ihnen hervorgegangenen Teleostiern, speciell den Physostomen, überholt wurden. Die Selachier haben wohl immer nur gelegentliche Colonisten in die Binnengewässer entsendet.

Unter den Ganoiden, deren Gattungen sich im Allgemeinen an die devonischen anschliessen, sind die echt heterocerken und den Palaeonisciden verwandten Platysomiden mit seitlich comprimirten Körpern hervorzuheben, ferner die zahlreichen Crossopterygier, besonders aus der Gruppe der Coelacanthinen. In Ctenodus hat man die carbonischen Vorfahren von Ceratodus zu erblicken, und vielleicht waren diese bisher nur in Süsswasserschichten gefundenen Thiere auch lungenathmend, also echte Dipnoi. Zwingend ist der Schluss nicht, denn auch die devonischen, sowohl im Oldred wie in Ablagerungen der hohen See gefundenen Phaneropleuron gehören sicher in dieselbe Gruppe, und doch dürfte es bedenklich sein, sie zu „Dipnoërn“ zu stempeln. Neumayr hebt mit Recht hervor, dass die Entwickelung vom normalen Fisch zum Typus mit Lungenathmung nicht bei Bewohnern des Meeres vor sich gehen konnte, denn diese haben kein Bedürfniss, das Wasser zu verlassen. Die Lungenfische mussten sich entwickeln in periodisch austrocknenden Binnenseen, und unter denselben Verhältnissen musste sich der Uebergang von Lungenfischen zu Amphibien vollziehen. Der Uebergang von der Kiemen- zur Lungenathmung hat dem Stamm der Dipnoër ein Merkmal aufgedrückt, das uns heute als das wichtigste erscheint; aber, sit venia verbo, kiemenathmende Dipnoër hat es lange vorher gegeben.

Die Selachier sind in mehreren grossen Abtheilungen vorhanden, die sich sämmtlich durch gewisse archaistische Merkmale von den lebenden so

weit entfernen, dass man sie als Proselachii zusammenfassen muss. Es ist sehr interessant, dass ein Nachkomme der damals weit verbreiteten Familie der Cladotontidae, Chlamydoselachus, sich noch in den japanischen Meeren aufhält; die übrigen lebenden Haifische leiten sich von Typen ab, die viel später auftraten. Auch die Pleuracanthiden stehen den Cladodonten sehr nahe; eine Art, Xenacanthus Decheni, ist in den Lebacher Schichten ausserordentlich häufig, und hat bis jetzt den besten Aufschluss über die Organisation der Gruppe gegeben.

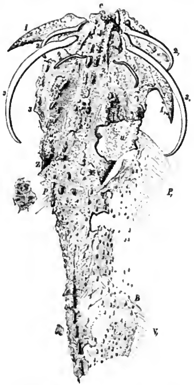


Fig. 68. Menaspis armata Ewald.
Aus dem Kupferschiefer. Nat. Gr. (Nach O. Jaekel.) *I* seitliche. 2—4 dorsale Stacheln. *P* Brust-, *B* Beckenflossen, *Z* Placoidschuppen. Bei *U* sieht man von innen auf die Chagrinbedeckung der Bauchdecke; links neben *P* polyedrisches Chagrin etwas vergrössert. Bei *C* Reste der Zahnplatten.

Neben den echten Selachiern tritt eine eigenthümliche Ordnung auf, die durch Jaekel's Untersuchungen erst in das gebührende Licht gesetzt ist, die Trachyacanthiden. Die am besten gekannte Gattung erinnert etwas an die Rochen, die erst in der Jurazeit auftreten, jedoch ist dies nur eine Convergenz des Körpers in Folge ähnlicher Lebensweise, nicht der Ausdruck phylogenetischer Beziehungen. Wie ganz verschiedene Familien unter den Haifischen Ausläufer getrieben haben, welche Rochenform annahmen, und daher allgemein, obwohl genetisch unrichtig, zu einer systematischen Gruppe zusammengefasst wurden, so hat sich auch eine ganze Abtheilung küstenbewohnender palaeozoischer Placoiden zu analogen Formen umgewandelt. Wie sehr übrigens die Rochengestalt nur als Facies, als Function ganz bestimmter, ausserhalb des Organismus spielender Kräfte aufgefasst werden muss, lehrt auch ihre Wiederkehr bei Knochenfischen, wozu Halieutaea stellata aus der Familie der Malthiden ein treffliches Beispiel bildet.

Die Trachyacanthiden gleichen den Rochen in ihrem Hautskelett, in der Abplattung des vorderen Rumpfes und in der Rückbildung der Rückenflossen.

Bei Menaspis war aber der vordere Rückentheil viel stärker gepanzert und mit drei Paar auffälligen Stacheln bewehrt (Fig. 68). Sie waren am Schädel befestigt und im Leben des Thieres wenig oder gar nicht beweglich. „Als Waffe irgend welcher Art können dieselben nicht wohl gedient haben, dagegen mussten sie insofern zum Schutze des Thieres beitragen, als sie jedenfalls zu einem Angriff auf dasselbe nicht einluden". (Jaekel.) Ausserdem ragten zwei derbere, wenn auch kürzere Stacheln etwas tiefer seitwärts heraus, mit rauher, rissiger Oberfläche und willkürlich beweglich. Das Gebiss besteht aus festen, eigenthümlich gebogenen Zahnplatten, die an die Zähne der Chimaeriden erinnern. Es ist in der That nicht unwahrscheinlich, dass Formen wie Prognathodus (Lias) in mehrfacher Hinsicht zu den Chimaeriden hinüber führen, wenn auch die eigentlichen Cochliodonten des Kohlenkalks, welche früher stets als Vorläufer der Cestracioniden betrachtet wurden, wohl dem Holocephalentypus noch fern stehen. Jaekel ist der Ansicht, dass nach umfassender Bearbeitung des einschlägigen Materiales es sich als zweckmässig herausstellen wird, die Placoidei nach ihrer Bezahnung in zwei grosse Abtheilungen zu zerlegen. Die eine, welche die Selachier begreifen würde, wäre durch ihre in Längsreihen über die Kiefer rückenden Zähne ausgezeichnet und zweckmässig schon wegen der verschiedenen Bedeutung der bisher üblichen Benennungen als Stichodontidae zu bezeichnen, während man im Gegensatz dazu alle übrigen, die von den Trachyacanthiden zu den Chimaeren hinüberführen, mit dem Namen Oligodontidae benennen könnte.

Achtes Capitel.

Das triassische System.

A. Binnenmeere der Trias.

Mit versteinerungsleeren bunten Letten schliessen in Norddeutschland die Ablagerungen der Permzeit, und mit ganz ähnlichen Letten beginnt die Trias, so dass man häufig über die Trennung der beiden Formationen im Zweifel bleibt. Wir haben gesehen, dass auch in weit entfernten Gegenden mit ganz anderen Verhältnissen ein ähnlich inniger Anschluss der beiden Formationen herrscht und selbst die palaeontologischen Trennungsmarken sich verwischen. Dennoch ziehen wir zwischen Perm und Trias nicht allein eine Formationsgrenze, sondern auch die Grenze zwischen der palaeozoischen und der mesozoischen Aera. Je mehr sich die Kenntniss der Erdgeschichte vertieft, desto mehr füllen sich auch die Lücken, die man früher wesentlich zur Eintheilung der geologischen Scala verwendete, desto schwieriger wird es, die Eigenart der Formationen auszudrücken und zu begründen. Man muss den Blick auf das Ganze, auf den Habitus des Lebens und Werdens gerichtet halten, aber man wird dann auch inne werden, dass die alten, nach künstlichen Scheidungsmerkmalen, zum Theile unter dem Einflusse der alten Katastrophentheorie ausgesonderten Formationen dennoch etwas Reales sind, gleichsam Interferenzen der grossen Wellen, in denen organische und physikalische Veränderungen sich bewegen. Als man noch an die vernichtenden Katastrophen glaubte, welche von Zeit zu Zeit die bestehende Schöpfung wegfegten und den Boden für das Erstehen einer neuen vorbereiteten, täuschte man sich gern über die Verknüpfungen hinweg, indem man auch scheinbar gleiche Thier- und Pflanzenarten für in Wahrheit verschieden erklärte, peinlich jede kleine Abweichung registrirte, weil man ja eine neue Schöpfung vor sich zu sehen glaubte. Jetzt, wo die Continuität der geologischen Entwickelung und der organischen ein Dogma ist, sucht man nach allen Bindegliedern, die sich bieten, und muss, obwohl sie reichlich zuströmen,

dennoch gestehen, dass die alten Formationen ihre morphologischen Kerne haben, die ihre Eigenart bedingen. Wie die Dislocationen des festen Felsgerüstes der Erde sich periodisch rascher vollziehen denn sonst, wie die Vertheilung von Land und Wasser zuweilen rasch und in grossem Massstabe wechselt, um dann lange Zeit hindurch nur in geringen Amplituden zu oscilliren, so scheint auch der Process der Artenbildung, anknüpfend an die Zeiten der Veränderung und verfestigt in den Aeonen relativer Stabilität, sich periodisch rascher zu bewegen, so dass wohl auf den Grenzgebieten der Formationen sich die characteristischen Typen mischen, aber nach dieser Uebergangszeit dennoch eine Schöpfung besteht, welche den alten Begriffen von der Isolirung der geologischen Formationen wohl entspricht. Trias, Jura und Kreide sind die drei grossen Formationen der mesozoischen Aera, welche nach unten an die palaeozoische, nach oben an die kaenozoische anknüpft und doch als Ganzes so geschlossen dasteht, dass man auch nach dem jetzt gewonnenen Mass der Kenntnisse ihre engere Vereinigung als wohl begründet gelten lassen muss.

Wir dürfen die Physiognomik dieser Zeiten nicht ausschliesslich nach jenen Organismen abschätzen, die ausgestorben sind oder neu hinzukommen, sondern vor allem nach jenen, welche die Herrschaft gewannen und ausübten. Manche palaeozoische Gattungen passirten die Schwelle zwischen Perm und Trias, und in mehreren Gruppen trat die Gährung, welche die Neugestaltung einleitete, erst in der Trias ein; gerade in dieser Zeit wurden viele Charactere erst abgestossen, denen wir in Jura und Kreide nicht mehr begegnen.

Während der mesozoischen Zeit tauchen auch die ersten Säugethiere, Vögel, Knochenfische und Laubbäume auf, aber auch hierin liegt nicht der Character einer mesozoischen Fauna und Flora.

Mit dem gleichzeitigen Erlöschen echt palaeozoischer Typen (wie der Trilobiten, der rugosen und tabulaten Korallen u. a.), mit dem Zurücktreten ganzer Classen, wie der Brachiopoden und der Crinoideen, mit dem Wechsel in der Entwickelungsrichtung anderer, wie der Gastropoden, der Zweischaler, fällt zusammen das fast plötzliche Anschwellen solcher Gruppen, die zwar schon früher vertreten waren, aber mehr im Hintergrunde standen. Unter den Wirbellosen sind es die Ammonitidier und die Belemniten, unter den Wirbelthieren die Reptilien, unter den Gewächsen die Cycadeen und Coniferen, welche während der ganzen Aera das Feld behaupten und recht eigentlich ihre Signatur bilden. Daneben hat jede Zeit ihre eigenen Züge. Auch ist auffallend, dass der Umschwung im Character der Vegetation weit früher, nämlich schon in der oberen Kreide eintritt, als jener, der im Thier-

reich das Nahen der neuen Aera bezeichnet. Die Entwickelung der Pflanzen und der Thiere unterliegt zu verschiedenen Einflüssen, als dass hier eine strenge Congruenz zu erwarten wäre.

Die richtige Beurtheilung der Trias wurde lange Zeit dadurch gehemmt, dass man hochmarine Sedimente dieser Periode kaum kannte, geschweige denn eine Vorstellung von ihrer wahren Bedeutung hatte, während die locale Ausbildung der Formation in Mitteleuropa den Ausgangspunkt auch bei der Untersuchung ferner Länder bildete. In ganz eigenartiger Weise treten in Europa die Ablagerungen eines flachen Meeres in den Vordergrund, welches über ein in Senkung begriffenes, flaches Areal sich verbreitete, ein Anhang des grösseren, offenen Meeres, der nach physikalischen und faunistischen Eigenschaften in einer Sonderstellung sich befindet. In anderen Erdtheilen bildeten sich um dieselbe Zeit grosse Binnengewässer, deren Zusammenhang mit einem Meere sich nicht nachweisen lässt; gemäss den ähnlichen Bedingungen ihrer Entstehung haben ihre Ablagerungen überall ein ähnliches Gepräge, ohne dass ein innerer, wesentlicher Zusammenhang besteht. Das sind die verschiedenen Kategorien der Trias: Hochmarine Ausbildung mit einer nach Meeresprovinzen wechselnden Fauna, Seichtmeer-Facies mit bald mehr marinem, bald mehr limnischem Character, und die Absätze der süssen oder brackischen Gewässer, die bei grosser petrographischer Einförmigkeit doch von dem Continente, dem sie angehören, ihren bestimmten Localton erhalten. Die Gesteine der Trias sind für die Zusammensetzung und das Relief des Bodens Deutschlands von hoher Bedeutung; man kann sagen, dass kaum eine andere Formation so oft den Ausdruck deutscher Landschaft bestimmt.

In der norddeutschen Ebene sinken ihre Schichten freilich in die Tiefe und werden selbst dort, wo sie sich höher herauswölben, von den Trümmergebilden der Glacialzeit bedeckt. Als classischer Punkt mag hier Rüdersdorf bei Berlin erwähnt werden, wo ein Muschelkalkberg von der Grundmoräne des diluvialen Eises überzogen und abgehobelt ist. Nationalökonomisch ist diese Insel festen Kalkgesteins inmitten von Lehm und Sand der Mark von hoher Bedeutung, und ein reger Bergbau hat sich entwickelt, der oft Schaaren neugieriger Grossstädtler hinauslockt. Weiterhin in der Nordsee bildet Helgoland einen vorgeschobenen Posten triadischen Gesteins, mit den letzten Spuren des Muschelkalks.

In der Nähe der Mittelgebirge treten die triadischen Höhenzüge deutlicher hervor; ihre langgestreckten flachen Sättel tragen oft prächtige Buchenwälder; ihre Flanken sind von fruchtbaren Feldern bekleidet. Zugleich markirt sich aber auch deutlich die Verschiedenheit der drei in der Trias

vereinigten Formationen, des Buntsandsteins, Muschelkalks und Keupers. Wo auf grössere Entfernungen die Verwitterung und Abschwemmung den Buntsandstein blosgelegt hat, ist der Boden kalt und thonig; hier sind noch Gebiete weiter, wildreicher Waldungen, während der Ackerbau sich mehr nach den Districten des Muschelkalks und Keupers hingezogen hat. Muschelkalkhöhen, die man ihrer steilen Erhebung wegen bewaldet gelassen hat, liefern das gesuchteste Buchenholz, tadellose, prächtige Stämme, die breiten Rücken des Buntsandsteins neben Buchen mehr Eichen und Fichten. Ein solcher Waldriegel zieht sich quer durch Mitteldeutschland hin, vom Solling bis zum Main und Rhein, die Scheide zwischen Süden und Norden.

Fährt man mit einem Schiff die Weser abwärts, so hat man rechts die sanft ansteigende Wölbung des Buntsandsteingebirges, dessen im Innern so reiche Gliederung dem Auge ebenso entgeht wie die beträchtliche Höhe, welche sein Gipfel erreicht. Noch im Anfang dieses Jahrhunderts zog sich der Eichenwald bis zum Fluss herunter, während die einsamen Höhen von ungelichtetem Fichtendickicht bestanden waren. Links fallen die Berge jäh ab; zwischen dem hellen Buchenlaub schimmern die nackten Felsen, die Schichtenköpfe des Muschelkalks. Einzelne eingeklemmte Reste dieser Formation in den Thälern des Sollings bezeugen, dass sie einst eine zusammenhängende Decke über dem Buntsandstein bildete, aber das leicht angreifbare Gestein ist der chemischen und mechanischen Erosion des Wassers zum Opfer gefallen, das sich bis auf die Thonlagen des Buntsandsteins hindurchgenagt hat. Dieser Gegensatz zwischen den scharfen Formen des Muschelkalkes und den weicheren, runden des Buntsandsteins begleitet uns überall hin, und nur wo die Sandsteinschichten fast horizontal liegen und von Spalten durchsetzt sind, nehmen die Thalgehänge einen wilderen, zerrissenen Character an.

Unwillkürlich ist der Ackerbau mehr der geologischen Beschaffenheit als der Terrainform nachgegangen. In den Gebieten des Muschelkalks und Keupers sind selbst beschwerliche Gehänge von Culturen überzogen, während man die sanften, bequemen Lehnen des Buntsandsteins, wo eine Wahl war, vermieden hat.

Als die Benedictiner in das Engernland kamen, um ein neues Corbeja zu gründen, siedelten sie sich zuerst auf dem Solling an, aber nach nicht allzu langer Zeit zogen sie herunter an die Weser; nicht der Strom war es, der sie lockte, denn dieser brachte ihnen auch gefährliche Nachbarschaft, sondern der warme, sonnige Boden am Fusse des Weinberges, eines klippenreichen Ausschnittes aus dem westphälischen Muschelkalkplateau. Zwi-

schen Merxhausen und Hellenthal und weit noch über dieses ärmliche Wilddiebsnest hinaus ist ein schmaler Streifen Muschelkalkes zwischen zwei Spalten in das Buntsandsteingebiet versunken und dadurch der Erosion entgangen. Der Ackerbau bezeichnet hier fast haarscharf die geologische Grenze.

Die Beziehungen der Menschen zu dem Boden, den sie bewohnen, sind oft innigere, als man glaubt; eine Jahrhunderte alte Ansiedlung stellt ein festes Band her und zwingt Gemüth und Denkweise in ganz bestimmte Bahnen. Mittelbar hängt Thätigkeit, Leben und Erwerb vom Untergrunde ab, aber auch der unmittelbare Einfluss der Natur ist an deutlichen Zügen zu erkennen. Man vergleiche die Bewohner des Spessarts mit denen des schwäbischen Hügellandes, die eines waldeinsamen, auf Holz- und Montanindustrie angewiesenen Sollingsdorfes mit denen der Warburger Gegend und man wird vielleicht das Urtheil gerechtfertigt finden, dass unsere Triasgebiete nicht allein für die Plastik der Landschaft, für die Vertheilung von Wald und Feld, sondern auch für das Naturell der Bewohner manche Grundzüge hergegeben haben, die mit der petrographisch so verschiedenen Ausbildung der drei Formationen parallel gehen.

So wie die Namen vorhin genannt sind, folgen sie sich von unten nach oben. Der Muschelkalk trennt als ausgesprochen marines Gebilde zwei Seichtwasser-Formationen von vorwiegend sandigen und thonigen Gesteinen. Zwischen Buntsandstein und Keuper besteht manche Aehnlichkeit, aber im Allgemeinen ist die letztere viel abwechselungsreicher und nicht selten auch von Kalk- oder Dolomitflötzen durchzogen. Diese fehlen dem Buntsandstein ganz oder stellen sich erst nach oben, auf der Grenze gegen den Muschelkalk ein.

Der Buntsandstein. Ueber bunten, rothen Thonen, welche sich den Zechsteinletten eng anschliessen, folgt sofort eine mächtige Sandsteinbildung, welche sich nur local noch weiter gliedern lässt. Die unteren Lagen sind häufig feinkörniger als die oberen, am Harzrande und im Braunschweigischen durch Einlagerungen eines eigenthümlichen Rogensteins ausgezeichnet. Die Rogensteine sowohl wie die festen Sandsteine sind gesuchtes technisches Material; die dünnen Bänke, welche durch den hohen Glimmergehalt fast schiefrig werden, benutzt man als Behangsteine. Die Industrie ist so ausgedehnt, dass viele Thäler des Sollingsdistrictes durch die Steinbrüche und ihre düsteren, von Brombeergestrüpp umrankten Halden ein völlig verändertes Aussehen bekommen haben. Die Bausandsteine sind gewöhnlich grobbankig abgesondert; ausserdem lassen sie eine eigenthümliche Lagerung ihrer Körner erkennen, die an die Structur der Dünen oder auch an Delta- und Wildbachaufschüttungen

(torrentielle Schichtung) erinnert. In allen diesen Fällen breitet sich das transportirte Material mantelförmig über die Stirn eines Hügels oder Kegels aus, wird gleichsam dessen Abhang hinabgegossen, so dass die Ablagerung einer bestimmten Zeit nicht eine horizontale Schicht von gleicher Dicke, sondern eine geneigte und gekrümmte Schicht bildet, deren Mächtigkeit vom Kamme des Abfalles bis zum Fusse beständig zunimmt. Von der später eingetretenen und durch Austrocknen und Druck erzeugten Zerklüftung, die stets in parallelen Richtungen erfolgt, werden diese Structurlinien geschnitten, so dass ein eigenartiges Missverhältniss zwischen paralleler und discordanter Structur entsteht. Die Grenze gegen die obersten Schichten des Buntsandsteins, welche fast überall aus rothen und grünen Thonen und Mergeln bestehen, bildet oft eine nicht sehr mächtige Sandsteinbank, die zwar ebenso versteinerungsarm wie die übrigen Schichten ist, aber sich durch eigenthümliche Spuren und Abdrücke auszeichnet, der sog. Chirotheriumsandstein. Es ist ganz unzweifelhaft, dass diese Schicht in nur sehr seichtem Wasser gebildet sein kann, ja dass sie öfters trocken gelegen haben muss. Die von den kurzen Grundwellen am Strande erzeugten wellenförmigen Anhäufungen (ripplemarks) wurden dann verfestigt, Thiere von unbekanntem Körperbau bewegten sich über den Strand und drückten ihre Fährten ein, die man in grossen Steinbrüchen, wie bei Karlshafen, nach dem Abräumen weit verfolgen kann, der schlammige Grund trocknete zusammen und bekam regelmässige Risse, Platzregen gingen nieder und bedeckten den Boden mit schalenförmigen Vertiefungen, und schliesslich spülte das Wasser wieder Sand darüber, sodass von dem allen ein genauer Abguss genommen wurde, der zugleich widerstandsfähiger war als die thonbelegte Matrix. In den meisten Museen, am schönsten in Berlin, wird man diese interessanten Platten finden, auf denen netzförmige Rippen die alten Schlammsprünge, faustähnliche Reliefs die eingedrückten Spuren jener triadischen Strandläufer wiedergeben. Die bekanntesten Spuren hat man Chirotherium genannt; sie gleichen mit den vier kurzen, nach vorn gerichteten Fingern, dem opponirten Daumen und der breiten Handfläche auffallend dem Abdruck der menschlichen Hand; doch bemerkt man an den Spitzen der 4 Zehen deutlich die Eindrücke von Krallen. Aus der relativen Grösse und der Stellung dieser Fusstapfen kann man mit Sicherheit schliessen, dass die Thiere sehr viel kleinere Vorderextremitäten besassen und dass sie diese in eine Linie setzten resp. übertraten, ähnlich vielen Reptilien und Amphibien. Ein nachschleppender Schwanz fehlte. Weitere Conjecturen über diese oder über andere Fährten — es finden sich noch sehr verschiedenartige Spuren — bringen uns nicht viel vorwärts. Dass sie von den grossen

Stegocephalen hinterlassen wurden, deren Schädel, Panzer und Knochenreste im Buntsandstein von Bernburg sich gefunden haben, würde die nächstliegende Vermuthung sein. Aber jene schleiften einen mehr oder minder langen Schwanz hinter sich her, besassen auch relativ grössere Vorderextremitäten, und obwohl unter den vielen verschiedenen, aus diesem Niveau bekannten Fährten auch solche von Stegocephalen sich befinden werden, so scheinen doch gerade die Chirotherien hier nicht unterzubringen zu sein.

In einem ähnlichen Niveau, nemlich dem New Red Sandstone Nordamerikas, und zwar besonders im Connecticut-Thale, haben sich ebenfalls viele Fährten gefunden, die von sehr verschiedener, oft von geradezu colossaler Grösse sind. Das Otozoum lässt sich insofern mit Chirotherium vergleichen, als es auch sehr kleine Vorderfüsse besass, die nur gelegentlich den Boden berührten; die Hinterfüsse haben die enorme Länge von $^1/_2$ m. Andere Fährten aber, und das ist das Wunderbarste, machen völlig den Eindruck von Vogelspuren, und selbst Baur, einer der besten Kenner der Dinosaurier, denen von vielen Autoren die Urheberschaft der Fährten zugeschrieben wird, gesteht zu, dass wenigstens ein Theil derselben Vogelfährten sein könnten. Unter den 31 Arten, die man unterschieden hat, ragen mehrere durch gigantische Proportionen und Schrittweite hervor; Brontozoum giganteum mit 0,63 m. langen Spreiten stellt auch die gewaltigste Moa in den Schatten. Hierin liegt aber auch ein Hinderniss für die Deutung; die Untersuchung der oberjurassischen Archaeopteryx hat ergeben, dass dieses Thier schon ein Vogel genannt werden muss, aber doch noch ein recht unentwickelter kleiner Typus ist. Die grossen Laufvögel sind nach allem, was wir von ihrer Geschichte wissen, relativ junge Formen, und nach Ansicht mehrerer Forscher haben sie sich aus viel kleineren durch Reduction der Flügel entwickelt. Hier hätten wir aber in einer weit vor die Zeit des Archaeopteryx fallenden Periode gewaltige Schreitvögel, eine Antecipation, die, wenn jene Annahme zutrifft, unwahrscheinlich ist.

In dem oberen Theile des Buntsandsteins, den man bei uns als Röth bezeichnet, sind auch Gypsstöcke und Salzlager nicht selten, wenngleich für mehrere Orte sich herausgestellt hat, dass das Steinsalz nicht in den Letten der Trias, sondern in denen des Perms eingebettet ist. Ausserdem sind auf festeren Bänken des Röths in weiter Verbreitung sog. Pseudomorphosen von Steinsalz bekannt, d. h. die auf dem Strande anschiessenden Krystalle wurden vom Wasser wieder gelöst und die kleinen, viereckigen Kästen, die nach dem Schwinden der Salzsubstanz im Schlamme zurückblieben, wieder von feinem Sande gefüllt, der auf diese Weise die Formen jener Krystalle nachahmt.

Vereinigen wir die verschiedenen aufgeführten Züge zu einem Bilde, so ist ganz offenbar, dass der bunte Sandstein sich nicht allein in einem sehr seichten Meer gebildet, sondern dass seine Oberfläche auch öfter und so lange trocken gelegen haben muss, dass Schlammrisse und Salzincrustationen sich bilden und Regentropfen Eindrücke hinterlassen konnten. Auch die Fährten würden nicht so scharf ausgeprägt sein, wenn der Boden von Wasser bedeckt war, denn gerade in diesen seichten Regionen setzt jede kleine Kräuselung der Wasseroberfläche auch die lockeren Sandschichten des Untergrundes in fliessende Bewegung, die allmählich wieder alles nivellirt. Die überraschende Aehnlichkeit in der Schichtung des Sandsteins mit der Structur der Dünen erscheint nunmehr in einem ganz anderen Lichte, umsomehr, als die Abrundung der Quarzkörnchen oft eine so starke ist, wie sie nur schwer im Wasser, dagegen stets in den wandernden Sandmassen der Wüsten und Dünendistricte erzeugt wird. Das Meer bildete eine nur flache Bedeckung, die weniger von dem Pulsschlage des offenen Oceanes, von Ebbe und Fluth, als von Wind und Verdunstung bewegt wurde. Die blosgelegten Strandsäume wurden die Brutstätten von Dünen, welche, der herrschenden Windrichtung folgend, landein wanderten. Fortwährende Senkung des Landes, die schon durch die grosse Mächtigkeit der angehäuften Seichtwasserabsätze gefordert wird, lieferte wohl meist auch die Dünenregionen dem Meere wieder aus, welches sie bis zu einer gewissen Tiefe abnagte, aber doch nicht gänzlich zerstörte. Abgesehen von zahlreichen Inseln, welche auch innerhalb Deutschlands dem Wasser entragten und zu denen z. B. der Harz gehörte, lagen die gebirgigen Gegenden, zugleich die wichtigste Quelle des Materials für den Absatz neuer Schichten, im Westen. Gegen Frankreich und die Ardennen hin nimmt die Mächtigkeit des Sandsteins ab (der Muschelkalk verschwindet bereits an der luxemburgisch-belgischen Grenze), und zahlreiche Conglomerat-Einlagerungen zeigen, dass wir uns schon in Gegenden befinden, in denen die Einwirkung der zum Meere stürzenden Flüsse sich bemerklich macht. Am Südrand der Ardennen hören die Triasmergel u. s. w. auf; Cornet und Briart nehmen im Norden die Existenz eines gewaltigen alpinen Gebirges an, welches durch Faltung bis zu 6000 m. über die jetzige Oberfläche der palaeozoischen Schichten emporgetrieben war. Im Gegensatze hierzu verlief im Norden, Osten und Nordosten Deutschlands der Strand in flach vorliegende Gegenden. Die Verbreitung des älteren Triasmeeres gegenüber dem Perm abzugrenzen, ist noch nicht in exacter Weise möglich. In Süd- und Südwestdeutschland liegen die Buntsandsteine häufig auf älteren Formationen, im Schwarzwald und Odenwald dem krystallinischen Gebirgskerne discordant auf; hier hatte

das trockene Land also an Terrain verloren. Aber im Osten und Nordosten lagen weite Flächen des alten Zechsteinterritoriums trocken.

Die Beschaffenheit der Sedimente hat nicht erlaubt, dass von der üppigen Vegetation und dem Landleben jener Zeit uns viele Urkunden erhalten geblieben sind, obwohl Pflanzen und Knochen in grosser Menge vom Lande in die versandenden Buchten gespült wurden. Man weiss, dass neben den letzten Sigillarien, den Relicten der Carbonzeit, Cycadeen, Coniferen, Baumfarne und echte Equiseten die Küsten überzogen hatten. Die bekanntesten Coniferen, mehrere Arten der Gattung Voltzia, sind in mancher Beziehung den Ullmannien und Walchien des Perms noch nahe verwandt, wie auch die grossen Baumfarne (Caulopteris u. a.) an jene Zeit erinnern. Auffallend ist, dass die Calamiten vollständig verdrängt und durch die ihnen im Habitus so ungemein ähnlichen Schachtelhalme ersetzt sind, um so auffallender, als der genetische Zusammenhang der beiden Gruppen geleugnet wird. Vielleicht liegt aber doch ein Zusammenhang vor, nur dass statt einer zum Höheren führenden Umwandelung hier eine rückschreitende Entwickelung stattgefunden hat, die sowohl den Holzbau wie die Fortpflanzungsorgane betraf und auch die Gesammtgrösse herabgemindert hat.

Zahlreiche, wenn auch schlecht erhaltene Funde von Muscheln im Buntsandstein beweisen, dass man es trotz der vielen Pflanzenreste mit einer marinen Formation zu thun hat, die an dem jeweiligen Strande durch Dünen- und Flugsandbildung modificirt sein mag. Die Gyps- und Steinsalzlager deuten auf Haffbildungen hin, wo, hinter schmalen Landbarren geschützt, das Meer zu hoher Concentration verdampfte. Auch locale, flache Uebergriffe des Meeres führten zur Bildung von Salzpfannen. In die flachen, abgeschnittenen Meerestheile schwemmten die Flüsse noch einen bedeutenden Salzgehalt aus den vom Meere verlassenen Salzwüsten der Zechsteingebiete, und die rasche Verdunstung hätte eine laugenartige Beschaffenheit des Wassers hervorrufen müssen, wenn der Ueberfluss nicht beständig in den Salzlagunen aufgespeichert wäre. Es scheint sogar, dass die Abstossung von Salz mehr betrug als die Aufnahme, denn local sind die Anzeichen einer begonnenen Aussüssung nicht zu verkennen, die allerdings ebenso oft durch Oscillationen, stärkeren Zufluss vom grossen Triasmeere oder Vertiefung des deutschen Meeres paralysirt wurde. Dass die gewaltigen Salzentziehungen zum Schluss der Perm- und zu Anfang der Triaszeit den Procentsatz an Chlornatrium herabsetzen mussten, erscheint angesichts der norddeutschen Salzstöcke nothwendig. Das kaspische Meer, das abflusslos von mehreren Seiten mächtige, salzhaltige Flüsse in sich aufnimmt, wird durch die Verdunstung in den

Salzdistricten seiner Küste vor steigender Concentration geschützt. Was ihm aus den Steppen an Salz zugeführt wird, lagert es in diesen Uferzonen wieder ab und die Hauptmasse behält die für das Gedeihen der Thierwelt förderliche Zusammensetzung.

Der Muschelkalk. Gegen Ende der Buntsandstein-Ablagerung trat eine bedeutendere Senkung in den centralen Theilen des Gebietes ein, und über den Letten und Sandsteinen der unteren Trias beginnt eine mächtige Folge von Kalksteinen sich aufzubauen, die nach den oft in Milliarden aufgehäuften Resten als Muschelkalk bezeichnet wurde. Das Gesammtareal der vom Meer bedeckten Länder wurde kleiner, die Tiefe grösser, und dementsprechend sind es fast ausschliesslich Reste mariner Thiere, die in den Gesteinen eingeschlossen sind, während eingeschwemmte Pflanzen oder Knochen von Landthieren zu den Seltenheiten gehören. Sämmtliche Gattungen und sehr viele Arten, denen man im Buntsandstein begegnet, kehren auch im Muschelkalk wieder, daneben aber macht sich ein frischer Zuzug bemerklich, der in bemerkenswerther Weise nach den alpinen und südlich gelegenen Meeren hinweist. Der grosse Infiltrationscanal, durch den das mitteleuropäische Triasgebiet gespeist wurde, lag wahrscheinlich in der Nähe der heutigen Alpen; zwar deuten auch die Muschelkalkreste in Portugal (bei Algarbe), im östlichen Spanien und im südlichen Frankreich (bei Toulon und Montpellier) auf weit ausgestreckte Meeresarme hin, doch scheint die Verbindung mit dem offenen Meere nicht unbehindert gewesen zu sein, während eine Einwanderung alpiner (mediterraner) Arten nach den schlesischen Meerestheilen seit langer Zeit bekannt ist und, nach den Gastropoden zu urtheilen, sich auch auf niedersächsische und thüringische Gebiete ausdehnte. Der Nordosten Deutschlands war Festland, und wenn in England die Meeresbedeckung fortgedauert hat, so bewahrt sie denselben Character wie zur Zeit der unteren Trias. Muschelkalk kennt man hier nirgends; das letzte, spurenweise Vorkommen bietet die Insel Helgoland.

Im Allgemeinen wird man enttäuscht sein, wenn man, durch den Namen verführt, überall auf Reichthum an Petrefacten zu stossen vermeint. Im unteren Muschelkalk sind es nur ganz bestimmte, wenig mächtige Bänke, welche eine grössere Ausbeute bieten, während der sog. Wellenkalk äusserst arm an Versteinerungen ist. Der mittlere Muschelkalk, der wegen der häufigen Einlagerungen von Gyps auch als Anhydritgruppe bezeichnet wird und besonders in Süddeutschland auch Steinsalzstöcke enthält, ist meistens fast versteinerungsleer. Der obere Muschelkalk ist dagegen überall reich an organischen Resten; die Stielglieder von Crinoideen, besonders des bekannten Encrinus liliiformis,

sind in den unteren Bänken so massenhaft zusammengehäuft, dass sie diesem sog. Trochitenkalk ein späthiges Gefüge verleihen, und die darüber gelagerten, weicheren, thonhaltigen Schichten sind unerschöpflich an Steinkernen grosser Cephalopoden, unter denen der zu den Ammonitidiern gehörende Ceratites nodosus die erste Rolle spielt und ein für deutschen Muschelkalk so bezeichnendes Fossil ist, dass L. v. Buch launig bemerkte, er verdiene, in das Wappen Deutschlands aufgenommen zu werden.

Diese Anhäufungen einer einzelnen oder weniger eng verwandter Arten sind characteristisch für den ganzen Muschelkalk. So finden wir im Wellenkalke eine Bank, die ganz erfüllt von den Resten eines Dentalium oder von Hohlräumen, die durch dessen Auslaugung entstanden sind, durchsetzt ist; eine andere scheint ganz aus zusammengebackenen Terebrateln zu bestehen, während die Schichtfläche einer dritten wieder von den Schalen einer Muschel, der Myophoria orbicularis, bedeckt ist. Die pelagischen Schwimmer wie Ceratites und Nautilus sind vielleicht von Strömungen zusammen getragen, obwohl ihre fast gleichmässige Häufigkeit auch eine andere Deutung zulässt, aber die Crinoiden-, Myophorien- und Terebratelschichten machen den Eindruck, als ob die Thiere an Ort und Stelle gelebt hätten und vergangen wären. Oft findet man noch die kleine Brut neben den Mutterthieren, und stellenweise, wie bei Erkerode im Braunschweigischen, sind die zierlichen Kalkgerüste der Seelilien, die nach dem Tode des plasmatischen Körpers rasch zerfallen, Wurzeln, Stiele und Kelche, in allen Einzelheiten und colonienweise in der Stellung der lebenden Thiere erhalten.

Der Individuenzahl kommt die Mannigfaltigkeit des organischenLebens im Ganzen nicht nach; es ist ein kleiner Kreis von Arten, der überall wiederkehrt, die artenarme Fauna eines fast abgeschlossenen Beckens, welche nur selten durch Eindringlinge aus dem südlichen Meere eine Vermehrung erfuhr. Viele Arten vertragen schwer eine auch nur geringe Einschränkung ihres Wandertriebes, und die eigenartigen Existenzbedingungen des Muschelkalkmeeres mögen anderen nicht gepasst haben. Den wichtigsten Factor sehe ich in der relativ geringen Ausdehnung des Muschelkalkbeckens und seiner Abgeschlossenheit; einen geringeren Salzgehalt anzunehmen, sehe ich keinen Grund, da viele hochmarine Thiere vorkommen und gelegentlich reiche Salzlager sich gebildet haben. Bei der geringen Concurrenz ist dann die Entwickelung einer erstaunlichen Individuenmenge eine ganz erklärliche und überall wiederkehrende Erscheinung, die sich auch in der Gegenwart beobachten lässt, in abgeschnittenen Meerestheilen, in Süsswasserseen und auch auf dem Lande. Ich erinnere nur an die Vogelcolonien arctischer Breiten,

oder die Anhäufungen von Muscheln wie Yoldia in eiskalten Meeren, deren Temperatur die meisten Zweischaler zur Auswanderung veranlasst hat.

Einzelheiten der Muschelkalkfauna hervorzuheben, ist nach dem Gesagten kaum nöthig. Die Gattung Encrinus unter den Meerlilien, einige Seesterne, sowohl Ophiuriden wie Asteriden, Nautilus, Ceratites und andere Ammoniten, unter den Zweischalern die Gattungen Pecten, Hinnites, Lima, Gervillia und Myophoria (Vorläufer von Trigonia), unter den Brachiopoden Coenothyris, Spirigera und Spiriferina, unter den Gastropoden Dentalium, Pleurotomaria und Chemnitzia, zahlreiche Ostracoden (Schalkrebse) und der langschwänzige Krebs Pemphix Sueuri, liefern unter den wirbellosen die wichtigsten Typen. Erwähnt sei noch, dass die Wellenkalke, eigenthümlich wellig geschichtete, plattige Kalksteine, ebenso wie ein Dolomit in den obersten Schichten des Rhöts, oft mit gewundenen, structurlosen Wülsten bedeckt sind (sog. Schlangenwülsten), die in ihrer Form und der Zeichnung der Oberfläche sehr an gewisse Hornschwämme erinnern und auch als solche gedeutet werden (Rhizocorallium). Das Skelett, aus Chitin oder Spongiolin bestehend, war nicht erhaltungsfähig, während die Form im Ganzen aufbewahrt werden konnte.

Wichtiger sind die Wirbelthiere. Die glänzenden Schuppen der Ganoidfische (Gyrolepis, Colobodus) sind in manchen Lagen häufig, seltener zusammenhängende Reste; die Absonderung der Knochenfische von den Ganoiden wird in diesen Zeiten deutlicher, denn die Kiefer von Saurichthys bieten grosse Analogie mit den späteren Scomberiden. Lungenfische der Gattung Ceratodus und Hemictenodus erinnern, falls sie nicht eingeschwemmt sind, an die ursprünglich marine Lebensweise dieser jetzt in die Flüsse weniger südlicher Gegenden gedrängten Ordnung. Haifischzähne zählen, besonders im oberen Muschelkalk, zu den häufigsten Funden. Zu den marinen Thieren gehören auch einige wunderlich gestaltete Reptilien, die Placodontier mit den beiden Gattungen Placodus und Cyamodus, und die Sauropterygier mit der wichtigsten Gattung Nothosaurus und den verwandten Pistosaurus, Neusticosaurus und Anarosaurus.

Die Placodontier weichen von allen bekannten Reptilien durch ihre Bezahnung ab; Kiefer und Gaumenbeine waren mit breiten, flachen Zähnen gepflastert, und nur ganz vorn standen einige kegelförmige Greifzähne. Offenbar waren diese Thiere auf harte Nahrung angewiesen, und ihr Zahnpflaster war vortrefflich geeignet, Muscheln oder Krebse sammt der Schale zu zermalmen. Ausser dem Schädel kennt man mit Sicherheit keine anderen

Körperreste, und ihre Annäherung an die Theromorphen des Perms oder an die Sauropterygier ist hypothetisch.

Diese letzteren treten hier zum ersten Male auf. Ruderfüsse, ein plumper, dicker Rumpf, ein schwanenartiger Hals und ein flacher Schädel mit spitzigen Fangzähnen characterisiren sie alle. Die grossen Schläfengruben deuten auf den Ansatz mächtiger Kiefermuskeln, und auch die Halsmuskulatur war stark entwickelt. Selbst die kleinen Zwergformen müssen gefährliche Räuber gewesen sein, doch kommen auch Riesen vor, die im Meere kaum Rivalen gefunden haben dürften. Zweifellos sind die Nothosaurier die Vorfahren der liassischen Plesiosauren; um so wichtiger ist es, dass bei ihnen die Extremitäten erst in der Umbildung zu Flossen begriffen, bei den kleinen fast noch als Schreitfüsse zu bezeichnen sind. Alle wasserbewohnenden Reptilien stammen von landbewohnenden ab, alle Flossen in dieser Classe sind secundäre Anpassungen, die man nicht zum Ausgangspunkt einer morphologischen Entwickelung der Gliedmassen machen darf. Auffallend klein war die Gehirnhöhle dieser Geschöpfe; ein Scheitelloch ist deutlich erkennbar, die Beziehung zu irgend einer Sinnesfunction möglich aber unsicher.

Als Seltenheiten finden sich auch Reste von landbewohnenden Stegocephalen, den grossen Mastodonsauriern, eingeschwemmt. Ueber diese Thiere erhalten wir deutlicheren Aufschluss durch die Funde im Keuper.

Der Keuper. Diese dritte Formation der Trias bietet ein viel mannigfaltigeres Bild als die beiden anderen. Die Niveauverhältnisse des Meeres änderten sich oft und rasch; immer aber blieb der marine Character vorherrschend, wenn auch einige Buchten brackisch oder fast ausgesüsst wurden. Zum Schlusse dieser Zeit beginnt das Meeresniveau überall wieder zu steigen, gewinnt der marine Character schärfere Gestalt, und ein Zuströmen von neuen Thierarten zeigt die Eröffnung breiterer Verbindungen mit anderen Meeren an.

Nach dem Gestein, nach den Thier- und Pflanzenresten und nach den Formen des Terrains lassen sich in Deutschland fast überall drei Unterabtheilungen leicht scheiden. Die untere besteht vorwiegend aus Sandstein mit zahlreichen eingeschwemmten Pflanzenresten, die zuweilen zur Bildung geringer Kohlenflötze Anlass gegeben haben (Kohlenkeuper), die mittlere setzt sich aus bunten Mergeln mit häufigen Gypsstöcken, auch mit Steinsalz zusammen (Gypskeuper), die obere besteht in Norddeutschland meist aus harten Sandsteinen, zuweilen quarzitischer Natur, nimmt aber local sehr verschiedenartige Beschaffenheit an.

Die Kohlenflötze der unteren Abtheilung sind technisch gänzlich un-

brauchbar; trotzdem bezeichnet man nicht allein diese Stufe, sondern häufig und noch viel unpassender den ganzen Keuper als Lettenkohlengruppe. In den feinen Sandsteinen sind die Abdrücke der Pflanzen oft prächtig erhalten, und der Character der Vegetation jener Zeit tritt uns fast so lebensvoll entgegen, wie in den Thonschiefern der Steinkohlenzeit. Da wir aus dem Buntsandstein im Ganzen wenig kennen und inzwischen die palaeozoischen Elemente der Flora sich noch mehr verloren haben, zeigt ein Vergleich mit der nächstälteren permischen Flora scharfe Contraste. Die grossen Equiseten, die gegen die Calamiten des Carbons allerdings abfallen, müssen an den Rändern der Gewässer dichtes Geröhricht gebildet haben; ihre knollenbesetzten

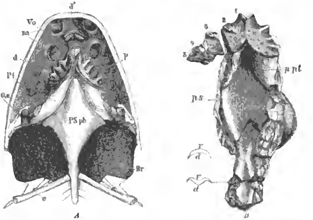


Fig. 69. *A*. Ceratodus Forsteri (lebend, nach Günther) und *B*. Ceratodus Sturi Teller (aus der Lettenkohle von Lunz, nach Teller), Schädel von der Unterseite.

A: *PSph* Parasphenoid, *Qu* Quadratum, *Pt* u. *P* Pterygo-Palatinum, *na* Nasenlöcher, *Vo* Vomer, *d* grosser, kammförmiger Vomerzahn, *d'* vorderer, schneidender Vomerzahn, *Br* Kiemenhöhle, *c* erste Rippe. *B*: *ppt* Pterygo-Palatinum, *pS* Parasphenoid, 1—5 die Kämme des grossen Vomerzahnes, *V* und *d* (in den Querschnitten) ventrale und dorsale Seite.

wuchernden Rhizome und ihre Stämme sind unter allen Resten am häufigsten. Daneben finden sich prächtige Farne, meist aus der Familie der in den Tropen lebenden Marattiaceen, Coniferen, unter ihnen ein der Widdringtonia nahe verwandter Baum, und gefiederte Wedel von Cycadeen, wie Pterophyllum u. a.

Die Abkunft dieser echt triassischen Flora ist zweifelhaft; die permischen Pflanzen Deutschlands schliessen sich enger an die carbonischen Typen an, doch haben wir gesehen, dass in vielen Ländern schon früher ein Umschwung in der Pflanzenwelt eintrat, der von bedeutendem Einfluss auf die mitteleuropäische Vegetation gewesen zu sein scheint.

Thierreste sind in den Sandsteinen selten, häufiger in den thonigen und

dolomitischen Zwischenschichten. Die Anhäufungen von Lingula, noch mehr der Milliarden kleiner Schalkrebse konnten nur in seichten Gewässeru vor sich gehen, sehr selten sind Cephalopoden eingeschwemmt. Aus diesen Schichten sind auch zuerst Zähne von Ceratodus bekannt geworden, den man viel später lebeud in den Flüssen Queenslands antraf (Fig. 69).

Der Gypskeuper ist in Norddeutschland sehr arm an Versteinerungen; in Süddeutschland sind ihm zwei Sandsteinbänke eingeschaltet, deren tiefere, der Schilfsandstein, erfüllt ist von den Resten der erwähnten Flora, während

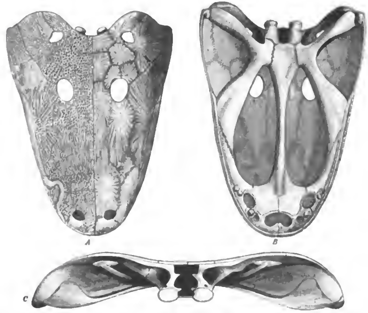


Fig. 70. Cyclotosaurus robustus H. v. Meyer. Ein Stegocephale aus dem Schilfsandsteine des unteren Kenpers von Stuttgart.

A Schädel von oben, die linke Seite ohne den Panzerbelag, *B* von unten, *C* von hinten gesehen. Stark, etwa zehnfach verkleinert (*C* etwas weniger als *A* und *B*.) (Nach E. Fraas.)

die obere Lage, der Stubensandstein, als Fundstelle prächtiger Wirbelthierreste berühmt geworden ist. Mit unermüdlicher Geduld sind die mürben Knochen getränkt und aus dem Gestein mit Nadel und Meissel herausgearbeitet; wer jemals diese Zeugen der Vorwelt im Stuttgarter Mineraliencabinet bewundern konnte, wird einen tiefen Eindruck von der Eigenart der triassischen Fauna erhalten haben. Die panzerbedeckten Amphibien stehen auf der Höhe ihrer Entwickelung, und, wie in so vielen Thierstämmen, zieht diese Entfaltung gigantischer Grösse dann rasch den Verfall nach sich, dem

die kleineren, unscheinbaren, aber widerstandsfähigeren Typen, die noch unbekannten Vorfahren unserer Frösche und Molche, entgingen.

Meeresthiere darf man in diesen Stegocephalen nicht sehen, obwohl ihre Reste auch im Muschelkalk eingeschwemmt vorkommen. Sie mochten in den Equisetendickichten der Ufer auf ihre Opfer lauern, und ihre Cadaver trieben auf den Flüssen in die seichten Buchten hinaus, wo sie rasch von den sandigen Sedimenten umhüllt wurden. Ganze Skelette kennt man nicht, aber vollständige Schädel sind mehrfach, isolirte Knochen und Panzertheile zahlreich gesammelt (Fig. 70 u. 71). Unsere Abbildungen sind einem schönen Werke von E. Fraas entnommen, der die Schätze des Stuttgarter Museums in neuerer Zeit bearbeitet hat. Der Gattung Mastodonsaurus gehören die grössten dieser Thiere an; die meterlangen Schädel mit den furchtbaren Zähnen deuten auf gefährliche Räuber. Dennoch war ihre Herrschaft schon bedroht; in noch gewaltigeren Formen erscheinen einige Reptilien aus den Ordnungen der Crocodilier und



Fig. 71. Mastodonsaurus giganteus H. v. Meyer. Aus der Lettenkohle von Gaildorf. Stark verkleinerter Unterkiefer. (Nach E. Fraas.)

Dinosaurier, die in der folgenden Jurazeit an Kraft der Entwickelung alle anderen Wirhelthierstämme weit überflügeln.

Die Gattung Belodon wurde zuerst von Huxley als Typus einer Unterordnung der Crocodilia angesprochen, und man glaubte lange, in ihnen die triassischen Vorfahren dieser in vieler Hinsicht hochinteressanten Gruppe vor sich zu haben. Gewichtige Gründe, die ich vor einigen Jahren zusammengestellt habe, sprechen gegen diese Auffassung. Thatsächlich stehen sie den Rhynchocephalen, Lacertiliern und manchen Dinosauriern mindestens ebenso nahe, und wenn man es nicht vorzieht, sie als Ordnung ausgestorbener Wesen für sich zu betrachten, so kann man höchstens zugeben, dass sie mit den Crocodiliern eine gemeinsame Wurzel haben, die Entwickelung aber seit palaeozoischen Zeiten in getrennten Bahnen verlief. Es sind wunderlich specialisirte Geschöpfe. Während die Zwischenkiefer bei den Crocodiliern und den meisten Reptilien nur auf relativ kurze Erstreckung den Kieferrand bilden und wenige Zähne tragen, sind sie bei Belodon auffallend verlängert und jederseits mit etwa 20 Zähnen besetzt, mehr als der Oberkiefer hat. Durch dieselbe Entwickelung der Praemaxillen, die auch auf das

Schädeldach übergreift, sind die Nasenlöcher, die sonst bei Crocodiliern an der Schnauzenspitze liegen, weit zurückgedrängt, auf die Höhe des eigenartig dachförmig gebildeten Schädels, gerade über den Choanen oder inneren Öffnungen des Nasenganges auf der Gaumenseite; schon Hermann v. Meyer nahm an, dass sie wie bei den Walfischen als Spritzlöcher functionirten, und diese Erklärung hat auch grosse Wahrscheinlichkeit für sich. Das vordere Ende der Schnauze ist abwärts gebogen; die Thiere konnten das beim Ergreifen der Beute eingenommene Wasser durch die äusseren Nasenlöcher entfernen und zugleich Luft einholen, ohne die Kiefer aus dem Wasser zu bringen und öffnen zu müssen. Kräftige Panzerplatten bedeckten den Rücken dieser bis 3 Meter grossen Thiere, während der Bauch ungeschützt war.

Eine zweite, den Crocodilen unserer Tage wohl verwandte, aber doch scharf von ihnen getrennte Ordnung ist durch den Aëtosaurus ferratus des Stuttgarter Stubensandsteins repräsentirt. Es bietet sich hier ein Beispiel, von welchen Zufälligkeiten die palaeontologische Forschung gefördert wird. Eine kaum 2 Quadratmeter grosse Platte von Heslach enthält nicht weniger als 24 Exemplare dieser kleinen, 60—80 cm langen Geschöpfe, die von der geschickten Hand des hochverdienten Kriegsraths Kapf blosgelegt sind. Eine sandbeladene Welle oder der Absturz einer Uferdüne mag die zusammengedrängte Gruppe plötzlich überrascht und begraben haben. Andere Reste haben sich niemals gefunden, von nahestehenden Formen kennt man nur geringe Fragmente und unsere Kenntniss der Aëtosaurier oder Pseudosuchier beruht wesentlich auf dem einen günstigen Funde. Die scharf zugespitzten Köpfe und die bis zum Schwanzende geschlossen fortgesetzte Bepanzerung geben den Thierchen ein originelles Gepräge. Wie sich vorn die Nasenbeine sehr entfalten, so dehnen sich hinten die Scheitelbeine aus; dadurch entsteht eine breite Mittelregion des Schädeldachs, welche in der directen Fortsetzung der dorsalen Panzerplatten liegt, während alle Schädeldurchbrüche auf die Seite gedrängt sind. Wenn die Thiere zur Hälfte im Ufersande eingewühlt lagen, boten Panzer und Schädeldach plötzlichen Angriffen festen Widerstand.

Gigantisch in ihren Proportionen, aber kaum gefährlicher als Belodon, stellt sich die Gattung Zanclodon dar, die man zu den Dinosauriern (H. v. Meyer's Pachypoden) rechnet; die eine erhaltene Wirbelsäule mass allein über 3 m, ein Schulterblatt 0,60 m, ein Schenkelknochen 0,75 m. Der Kopf, nur in Fragmenten vorhanden, ist auffallend klein, aber mit messerklingenartig gekrümmten und an den Kanten gekerbten Zähnen von grosser Länge bewehrt. Die Vorderextremitäten sind viel kleiner als die Füsse. Wie alle Dinosaurier dieser Gruppe (Theropoda) waren die Zanclodonten landbewohnende

Thiere, die sich entweder schreitend oder springend, känguruhartig, auf den Hinterbeinen bewegten und die Vorderfüsse fast ausschliesslich zum Greifen benutzten. Die Last des Körpers wurde von den Hinterbeinen getragen, doch dienten in der Ruhestelluug der enorme Schwanz und vielleicht auch die Fortsätze der Schambeine als Stützen. Im Gebiss und in den scharfen Krallen der Zehen besassen die Zanclodonten furchtbare Waffen. Auch von anderen Dinosauriergattungen kennt man Reste aus dem Keuper.

Harmloser, aber von hohem Interesse für die Entwickelungsgeschichte sind die ersten Schildkröten, die sich hier finden. Die Abstammung dieser Ordnung ist noch in völliges Dunkel gehüllt; unter Berücksichtigung von lebenden und fossilen Arten hat man sie in drei Gruppen als Trionychia, Pleurodira und Cryptodira gebracht, und man nahm an, dass die jetzt auf die südliche Hemisphäre beschränkten Pleurodira, die gleichsam die höchste Potenzirung des Schildkrötentypus darstellen, auch später als die Cryptodira auf dem Schauplatze erschienen sind. Die Thatsache, dass die Schildkröte des schwäbischen Keupers zu den Pleurodira gehört, stösst diese Annahme zwar nicht um, zwingt uns aber, die Abzweigung der Cryptodira noch viel weiter zurückzuverlegen und anzunehmen, dass mindestens seit der Trias die beiden Stämme selbständig nebeneinander herlaufen. So treiben die Entdeckungen der Neuzeit die Convergenzpunkte auch nahverwandter Stämme in immer entlegenere Vergangenheiten zurück. Was ist aus den Stammbäumen geworden, die man in der ersten Zeit des Darwinismus als bewiesene Thatsachen in die Welt sandte!

Im oberen Keuper der Alpen ist, wie vorweg genommen werden mag, ein Rückenpanzer einer Schildkröte Psephoderma entdeckt, die zu den Lederschildkröten gehört, jenen Ungeheuern, deren lederartige Haut nicht durch ein festes Schild, sondern durch ein Pflaster polygonaler Täfelchen bedeckt ist. Nach Baur ist es sehr wahrscheinlich, dass diese Art der Pflasterbildung nicht ein primäres Stadium, sondern eine secundäre Auflockerung, gleichsam eine Rückbildung des Panzers der Cryptodira ist. Wenn sich das beweisen lässt, so müssen auch diese ersten Attaquen auf den festgefügten Schildkrötentypus mindestens in triassische Zeiten fallen. Wo haben wir aber die Ahnen der Schildkröten zu suchen? Eine einigermassen genügende Antwort lässt sich nicht ertheilen. Rütimeyer denkt an eine unmittelbare Abzweigung von Batrachiern, etwa den Stegocephalen, andere weisen auf die Anomodontier der Permzeit hin. Owen's Ansicht über den Zusammenhang mit den Sauropterygiern ist gegenwärtig die am wenigsten beliebte, und doch dürften spätere Untersuchungen wieder hier einzusetzen

haben. Die interne Beschaffenheit der Schädel, besonders der Bau der Gehirnkapsel, bietet viele Vergleichspunkte, die in der Literatur noch keine genügende Darstellung gefunden haben. Im Ganzen kann man mit Zittel resumiren: „Einen nennenswerthen allgemeinen Fortschritt giebt es überhaupt bei den Schildkröten nicht, wenn auch einzelne Familien im Vergleich mit ihren fossilen Vorläufern etwas reicher specialisirt erscheinen."

Eine einzelne Schicht im unteren Theil des fränkischen, schwäbischen und thüringischen Gypskeupers (die sog. Corbulabank) schliesst eine grössere Anzahl mariner Arten ein, unter denen einige ersichtlich aus dem alpinen Theile des Triasmeeres eingewandert sein müssen. Wir werden sehen, dass zu obertriassischen Zeiten sich in der Gegend der Alpen so eigenartige Ablagerungen gebildet haben, dass der Vergleich mit der deutschen Trias im höchsten Grade erschwert ist. Die einzelnen, in den Corbulabänken auftauchenden Arten gewähren deshalb wichtige Anhaltspunkte für die zeitliche Parallelisirung der Schichten. Bedeutungsvoller aber ist die Gleichheit der marinen Fauna, die im Rhätkeuper des mitteleuropäischen Beckens und der Alpen überall gefunden ist und welche nach der weitaus häufigsten Muschel, der Avicula contorta, als Contorta-Fauna kurz bezeichnet wird. Hier hat man einen Horizont, welcher wenigstens nach einer Seite hin den Vergleichen Sicherheit gewährt.

Sehr auffallend ist die weite Verbreitung von Schichten, welche fast nur aus zusammengehäuften Wirbelthierresten, aus Knochen, Zähnen, Schuppen und Koprolithen bestehen; Quenstedt nennt sie in Schwaben in seiner drastischen Weise die „Kloakenschicht", die Engländer kennen sie als Bonebed. Offenbar sind sie zusammengeschwemmt; nie kommt ein grösseres Skelett im Zusammenhange vor, und selbst die kleineren Theilchen tragen die Spuren von Abrollung. Wie aber soll man sich erklären, dass dies zu annähernd derselben Zeit fast in allen Theilen des mitteleuropäischen Triasbeckens eintrat? Dann wieder sind an der Grenze der liassischen Formation weiche Lettenschiefer hervorzuheben, die in Franken, besonders bei Bayreuth, eine Fülle prachtvoll erhaltener Pflanzenreste führen. Die Equiseten der unteren Trias treten zurück vor den jüngeren Elementen einer Flora, die sich fast unverändert in den Jura hinein fortsetzt.

Die Cycadeaceen stehen auf der Höhe ihrer Entwickelung, die Salisburiaceen, die Verwandten der in den Tempelhainen Japans und Chinas gehegten Gingko biloba, treten bedeutender hervor. Die Farnkräuter bestimmen den Character der Vegetation und zwar überwiegend in Gattungen, welche der palaeozoischen Aera fremd waren und im Allgemeinen auch nicht über

die Wealdenzeit hinaus anhalten, echt mesozoische Typen von eigenartiger Zwischenstellung zwischen den baumförmigen Cyatheaceen und den Gleicheniaceen der Gegenwart. Das gestielte, hand- oder fingerförmig getheilte Blatt lässt die Beziehung zu Matonia so eng erscheinen, dass Schenk diese Gattung als den letzten Rest einer früher reicher entwickelten Formenreihe ansieht. Laccopteris, Selenocarpus und Andriania zeichnen sich durch fiederförmigen Verlauf der Leitbündel aus, während bei Chlathropteris und Dictyophyllum das Blatt von einem feinen Maschenwerk der Adern durchzogen und in polygonale Felder getheilt wird. Daneben sind auch die Marattiaceen noch stark vertreten und die häufig erhaltenen Fructificationen erlauben eine genauere Annäherung an die Gruppen der Tropen als das in älteren Formationen möglich war. Danaeopsis marantacea, schon in der Lettenkohle häufig, mag unter den Danaeaceen, Taeniopteris Münsteri unter den Angiopterideen genannt werden. Ob die schönen, gestielten, vierzähligen Blätter von Sagenopteris, die handförmig eingeschnittenen von Chiropteris bei den Marsiliaceen ihre richtige Stellung gefunden haben, bleibt noch sicherer zu erweisen. Es wären Riesenformen unter den kleinen Rhizocarpeen. Diese prächtige Flora geht fast unverändert in den Lias hinüber, ja floristisch liesse sich ein Unterschied zwischen Rhät und Lias gar nicht definiren, aber es ist schon mehrfach hervorgehoben, dass eine Eintheilung der Schichtenfolge nach den Pflanzen zu anderen Gruppirungen führen müsste, wie nach dem Wechsel der Meeres-Faunen, an der wir schon aus practischen Erwägungen festhalten müssen.

Als man mit den in Deutschland über die Bildung der Trias gesammelten Erfahrungen an die Schichten anderer Länder prüfend herantrat, musste man sich überzeugen, dass selbst dort, wo nach der Beschaffenheit der Sedimente, nach Fauna und Flora eine gleichartige Entwickelung geherrscht zu haben schien, die deutsche Eintheilung nicht passen wollte. Selbst in den Nachbarländern wird die typische Dreitheilung meist vergeblich gesucht. In England sind auch zur Zeit des Muschelkalkabsatzes nur sandige und thonige Schichten entstanden und die Trias bildet dort eine zusammenhängende Folge, welche als New red sandstone bezeichnet wurde. Die Chirotherium-Fährten von Storton Hill bei Liverpool, das Bonebed von Axmouth und Aust, die vielerorts nachgewiesenen Schichten mit Avicula contorta lassen darüber keinen Zweifel, dass der New red sandstone in denselben Rahmen eingespannt ist wie unsere Trias, aber wir können nur obere und untere Parallelen mit unseren deutschen Formationen ziehen, während ein Analogon des Muschelkalks fehlt. Auch gegen das Centralplateau von

Frankreich verschwindet diese Schicht und die Trias nimmt den Character sandiger und thoniger Küstenbildungen an. In Südschweden ist nur Rhät entwickelt, der Hörsandstein mit einer reichen Flora, marine Schichten mit der bekannten Contorta-Fauna.

Bunte Mergel zweifelhafter Stellung, die im europäischen Russland sich über riesige Flächen verfolgen liessen, werden verschieden, bald als triassisch, bald als permisch gedeutet. Eine Gliederung ist bei der Gleichförmigkeit des Gesteins und dem völligen Fehlen von Versteinerungen nicht möglich. So viel ist wohl sicher, dass sie vom Typus der deutschen Trias sehr abweichen und, wenn triassisch, in einem Gewässer abgelagert wurden, das wohl kaum durch enge Meeresstrassen mit dem mitteleuropäischen Becken verbunden war.

Die triassischen Schichten Nordamerikas sind, soweit sie nicht, wie im Westen, hochmarin sind, in Strand- und Binnenseen entstanden. Nirgends haben sich Reste von Meeresmuscheln gezeigt, die im deutschen Gebiete doch überall gelegentlich gefunden werden, während die Anhäufung von Pflanzenresten zur Bildung sehr bedeutender Kohlenflötze führte. Ein langer schmaler Zug von Sandsteinen, Conglomeraten und Letten begleitet 150 Miles weit die Appalachen, von Nova Scotia bis Nord-Carolina. Die Schichten scheinen ihrer jetzigen Vertheilung nach in einzelnen Becken und Buchten mehr als in einem zusammenhängenden Gewässer abgelagert zu sein; Flüsse transportirten ihre Geschiebe in diese Senken, welche mit brackischem Wasser gefüllt waren und allmählich ausgesüsst wurden. Einen ausgezeichneten Ueberblick hat Newberry in einer Monographie der triassischen Fische und Pflanzen dieser Gegend gegeben, und wir können uns nicht versagen, einiges aus seinen Ausführungen hier zu wiederholen.

Nach der carbonischen Zeit trat die Gegend zwischen Mississippi und der atlantischen Küste aus dem Meere hervor; zuerst hoben sich die langgestreckten Rücken der Blue Ridge und der Hudson Highlands, dann, aber auch schon gegen Schluss des Carbons, die eigentlichen Alleghanies. Dies war das Erosionsgebiet der mesozoischen Flüsse, welche die feineren und gelösten Stoffe bis in den Ocean hinausflutheten, das gröbere Material dagegen in den Becken längs der atlantischen Küste ablagerten. Das nördlichste derselben ist das von Nova Scotia, in der Nähe der Neufoundland-Bucht, Prince Edwards Insel u. s. w., das zweite das des Connecticut-Thales, welches von der Nordgrenze von Massachusetts bis Long Island Sound reicht, und das dritte, grösste (die Palisade area), dehnte sich von Rockland County, N.-Y., bis Orange County, Va., über 350 Miles weit, zwischen die westlichen

Höhen der Blue Ridge und die archäischen Gesteine von Staten Island, Trenton und Philadelphia eingeschlossen.

In Virginia und Nord-Carolina befinden sich mehrere kleinere Becken östlich des letztgenannten, und in ihnen die bekannten Kohlenflötze, die hier eine Quelle des Wohlstandes geworden sind. Auch die Sandsteine werden zu architektonischen Zwecken wie bei uns verwerthet und sind besonders in New York viel verwendet. Ueber 5000 Fuss sind im Connecticut-Thale und in der Palisaden Area die sandigen und schiefrigen Absätze übereinander gethürmt. Die Schlammsprünge, Wellenmarken und Fährten der Schichten-Oberflächen sind oben schon berührt. „Vielleicht 100 verschiedene Thiere haben hier ihre Autogramme hinterlassen, während von den Geschöpfen selbst, einige zerstreute Knochen und ein oder zwei unvollständige Skelette abgerechnet, kaum irgend eine Andeutung entdeckt worden ist." Die Wiederholung dieser Spuren u. s. w. auf vielen, vertical aufeinander folgenden Schichten beweist deutlich, was ja schon Lyell hervorhob, dass das Land zur Zeit, als diese Absätze gebildet wurden, in langsamer Senkung begriffen war. Die landeindringende Welle breitete immer wieder Ufersand auf den Gestaden aus, in welchem sich immer von neuem jene Erscheinungen wiederholten. Die Senkung war eine langsame und hielt ungefähr gleichen Schritt mit dem Absatz der Sedimente, die nur auf diese Weise ihre ungeheure Mächtigkeit erreichen konnten. Zuweilen stockte die sinkende Bewegung, was sich im Wechsel des abgelagerten Materials zu erkennen giebt. Auffallend ist die Intensität vulcanischer Thätigkeit, die in Europa um diese Zeit fast schwieg. Ausgedehnte Decken von Trap-Gestein wechseln mit den Sandsteinen ab, und ihre der Verwitterung trotzenden Schichtenköpfe markiren sich bei geneigter Stellung der Schichten weithin in der Landschaft. Berühmt sind die säulenförmig abgesonderten Diorite, welche die „Palisaden" des Hudson bilden. Diabasausbrüche schneiden beide, Trapdecken und Sandsteine. Man kann die ganze Gruppe dem Keuper gleichstellen; schon früher wurde von Lyell und Bunbury die Aehnlichkeit der virginischen Pflanzenreste mit denen von Basel und Bayreuth, die allerdings damals für liassisch galten, betont. Die Untersuchungen von Fontaine haben diese Ansicht vollauf bestätigt; insofern mag man sie modificiren, als zweifellos in Virginien auch Aequivalente der Lunzer Flora (mittlerer Keuper) vorhanden sind. Lyell knüpft an seine Beschreibung des Kohlenfeldes von Richmond, dessen Hauptflötze er bis 40 Fuss stark fand, die interessante Anmerkung, dass die Equiseten gewöhnlich, mehr oder weniger zusammengedrückt, in verticaler Stellung erhalten sind. „Offenbar wuchsen sie an den Stellen, wo sie jetzt in Schichten hart gewordenen

Sandes und Schlammes begraben liegen. Ich fand, dass sie an Punkten, die viele Meilen von einander entfernt lagen, in Schichten über und unter den Kohlenflötzen stets die aufrechte Stellung beibehielten. Diese Thatsache lässt sich nur dadurch erklären, dass sich die Schiefer und Sandsteine, während des langsamen und wiederholten Sinkens der ganzen Region, allmählich angehäuft haben." Die Kohle kommt nach ihm „den schönsten Sorten der bei Newcastle gewonnenen gleich und giebt bei der Analyse dasselbe Verhältniss zwischen Kohlen- und Wasserstoff; eine Thatsache, die wohl der Aufmerksamkeit werth ist, wenn man bedenkt, dass dieses Brennmaterial aus einer Anhäufung von Pflanzen besteht, welche specifisch und zum Theil auch generisch sehr von denen abweichen, die zur Entstehung der palaeozoischen Kohlenformation beigetragen haben."

Der Vergleich zwischen der Trias von Virginien und Nordcarolina einerseits, der von New Jersey und des Connecticut andererseits lässt neben manchen Zügen des Unterschiedes, die in einer theilweisen Trennung der Gewässer ihren Grund haben mögen, die Gleichstellung beider gerechtfertigt erscheinen.

Weniger klar liegen die Beziehungen zu den westlichen Triasgebieten. Die in den Territorien, in Nordtexas, Neumexiko, Sonora u. s. w. verbreiteten röthlichen Sandsteine, Conglomerate und Schiefer, in den oberen kalkreicheren Lagen auch mit Steinsalz und Gyps, sind ausserordentlich arm an organischen Resten; nur in den höchsten Lagen stellt sich hier und da die Flora der carolinischen Trias ein, mit Otozamites und Taeniopteris. Die tieferen Schichten mögen den unteren Theilen der deutschen Trias entsprechen.

Ein drittes Triasgebiet scheint ungeheuere Verbreitung im weiten Westen, in Utah, Colorado, Wyoming und Idaho zu haben; hier kommen auch kalkige Schichten vor, die an den Muschelkalk in Deutschland erinnern. Natürlich kann es sich nicht um Identität, sondern nur um Analogie handeln. Die abgeschlossenen, brackischen Becken des westlichen Nordamerikas entbehren jeden Zusammenhanges mit dem europäischen Triasmeere.

Die Fossilreste, welche in der nordamerikanischen Trias entdeckt sind, beschränken sich fast auf Fische und Pflanzen. Bituminöse Brand- oder Stinkschiefer, die den Sandsteinen und Conglomeraten eingeschaltet sind, zeigen sich oft ganz erfüllt von Fischresten, ähnlich wie die Fischschiefer von Raibl. Eine derartige Schicht unterlagert auch die Palisaden oberhalb Hoboken; Newberry meint, dass die grosse Sterblichkeit, welche zu Zeiten den Seegrund mit Fischcadavern erfüllte, das Resultat einer Phase jener vulcanischen Thätigkeit sein möchte, welche die Trapmassen der Palisaden und

Newark Berge hervortrieb. Fast ausschliesslich gehören diese Fischreste den Ganoiden und zwar der Familie der Lepidotiden an; nur ein einziger Coelacanthine ist beschrieben, Diplurus longicaudatus. Die Gattung Ischypterus stellt unter jenen den weitaus grössten Theil und ist ausschliesslich amerikanisch, wenn auch dem europäischen Semionotus sehr nahe verwandt, und bemerkenswerther Weise ist die Uebereinstimmung zwischen Catopterus macrurus und Dictyopyge socialis, der bekannten Art des Keupers von Koburg, so gross, dass man selbst über die Trennung der Arten Zweifel hegen kann. Diese Wiederkehr verwandter oder gar identischer Arten in räumlich weit getrennten Binnenseeen ist von hohem Interesse; in anderer Weise ist das Auftreten von Ptycholepis, der bekannten Form unseres Liasmeeres, in diesen Süss- und Brackwassern von Wichtigkeit. Die Ganoiden müssen, wie schon mehrfach hervorgehoben wurde, schon in sehr alten Zeiten eine grosse Anpassungsfähigkeit oder aber Indifferenz gegen die verschiedenartige Einwirkung von Salz- und Süsswasser besessen haben; dies machte sie sehr geeignet, sich den Zutritt zu den Seen und Flüssen zu erobern und nur der noch lebenskräftigere, von der Trias an rasch aufblühende Zweig der Knochenfische hat sie an universeller Verbreitung gehindert.

In der triassischen Flora Nordamerikas treffen wir alte Bekannte wieder. Baiera Münsteri, Chirolepis Münsteri, Otozamites latior, brevifolius, Clathropteris platyphylla sind typische Arten der Keuperflora, welche die Festländer der nördlichen Halbkugel überzogen hatte. Von hoher Bedeutung ist auch die Auffindung einiger Säugethierreste in der Trias von Nordcarolina, deren Besprechung wie auch die der geringfügigen schwäbischen Funde wir weiter unten einfügen.

Obwohl die Triasfelder der Appalachen gegenwärtig getrennt sind, so darf doch der Einfluss der Erosion nicht unberücksichtigt gelassen werden und ein gelegentlicher Zusammenhang der Gewässer, in denen sie gebildet sind, erscheint sehr wahrscheinlich. Auch nach dem Oceane hin mögen offene Strassen geführt haben, welche den Austausch einzelner Fischarten von oder nach Europa ermöglichten, vielleicht längs der Küste des damaligen nordischen Festlandes, dessen Rest der grönländische Keil ist. In diesen breiten, vom Meere abgeschnürten Buchten erhielten die Sedimente durch das analoge Verhältniss zum Festlande, durch die eingeschwemmten Landpflanzen und die correlate Fischfauna ein Gepräge der Gleichartigkeit, das wenigstens in grossen Zügen eine Orientirung erlaubt.

Schwieriger wird eine solche schon im Westen Amerikas, und in völlig andere Verhältnisse fühlen wir uns auf der südlichen Halbkugel versetzt,

wo die Trias in allen ihren Characteren als unmittelbare Fortsetzung der palaeozoischen Schichtenreihe auftritt. Es sind oben die Gründe besprochen, nach denen einzelne Forscher die Grenze zwischen Perm und Trias zu ziehen versucht haben. Die hohe Entwickelung der Reptilien, das Auftreten der Säugethiere sind wir wohl berechtigt in triassische Zeiten zu rücken.

Im Grossen und Ganzen ist aber die Reptilienwelt der südlichen und der nördlichen Hemisphäre sehr verschieden geartet. Während bei uns gewaltige Dinosaurier, Belodonten und Schildkröten sich neben den grossen Amphibien den Platz erkämpften, hat im Süden der Stamm der Theromorpha das Uebergewicht und zwar scheint während der Trias das Centrum ihrer Entwickelung in Südafrika zu liegen. In Indien treten sie mehr zurück; die nicht sehr zahlreichen Funde deuten auf eine Mischfauna von europaeoiden Stegocephalen, Belodonten und südlichen Theromorphen hin, die sich eng an afrikanische Arten anschliessen lassen. Aus Australien sind Stegocephalen, aber keine Reste höherer Wirbelthiere bekannt geworden, und in Brasilien kennt man nur den kleinen Mesosaurus, der zuerst aus den Kimberley-Schiefern Transvaals beschrieben wurde, und den Sauropterygiern verwandt war. Dass diese marine Gruppe in Schichtenfolgen von fast limnischem Character sehr zurücktritt, ist nicht auffallend; von unseren Nothosauriern hat sich bis jetzt keine Spur gefunden. Indessen lassen sich kategorische Trennungen der Areale nicht aufrecht erhalten; die Wanderungen der terrestrischen Reptilien haben die Formen weit über die Länder zerstreut. Ausgangspunkt und Reihenfolge dieser Verschiebungen festzustellen wird erst dann sicher möglich sein, wenn das Alter der Schichten, die hier in Betracht kommen, der Discussion entrückt ist. Das Vorkommen der Theromorpha im permischen Kupfersandstein von Orenburg und in den jungpermischen Ablagerungen von Texas, Neumexiko und Illinois, deren Reptilienfauna Cope und Marsh uns kennen lehrten, sind Thatsachen, von denen man bei derartigen Untersuchungen ausgehen muss. Die problematischen Reste des deutschen und böhmischen Perms können dabei völlig aus dem Spiele bleiben. Ob irgend welche Reptilien der Karrooformation oder Indiens dasselbe hohe Alter haben, ist sehr zweifelhaft. Das Hauptlager bilden die Beaufort-Schichten in Südafrika, die Panchet-Series in Indien, deren Zugehörigkeit zur Trias gesichert ist. Dürfen wir daraus schliessen, dass gegen Ende der Permzeit dieser hochinteressante Stamm, dessen Verwandtschaft mit den Säugethieren so oft besprochen ist, sich nach dem Süden gezogen hat, um von dort wiederum sich divergirend zu verbreiten? Im Elgin-Sandstein Schottlands, welcher der oberen Trias zugetheilt wird, hat man Reste der afrikanisch-indischen Gattung

Dicynodon gefunden. Entweder ist diese als ein Relict der südwärts strebenden Wanderung aufzufassen, oder aber es macht sich ein erneutes Andrängen des Stammes von Süden her geltend. Im Elgin-Sandstein findet sich auch die Rhynchocephalengattung Hyperodapedon, die später von Lydekker aus den triassischen Maleri-Schichten Indiens beschrieben ist, und das kleine Telerpeton elginense, das in Saurosternon einen nahen Verwandten in der Karrooformation besitzt.

Die Theromorpha, von denen wir die der mitteleuropäischen Trias eigenen, oben besprochenen Placodontier ausschliessen, sind eine Gruppe landbewohnender Reptilien, welche ähnlich den Dinosauriern nach sehr verschiedenen Seiten differenzirt und in mehrere grössere Abtheilungen zu zerlegen ist. Unter den wenigen Merkmalen, die allen gemeinsam sind, ist die Verschmelzung der Beckenknochen (Ischium und Pubis) zu einem Os innominatum wie bei Säugethieren das bemerkenswertheste. Auch dass das Coracoid mit dem Schulterblatt verwächst und reducirt wird, erinnert an die Säugethiere, kommt allerdings auch bei den Salamandriden vor. Die Bezahnung schwankt in den weitesten Grenzen.

Die Anomodontia haben nur ein Paar mächtige Faugzähne oder sind zahnlos; bei der Uebereinstimmung der Schädel, an denen man dies beobachten konnte, in anderen Merkmalen entbehrt die Ansicht, dass die Zahnlosigkeit nur ein Geschlechtsunterschied der Weibchen sei, nicht der Wahrscheinlichkeit. Sie collidirt mit einer anderen, der zu Folge die „Oudenodonten" mit ihren zahnlosen Kiefern ein Bindeglied gegen die Schildkröten hin bieten; gerade mit Rücksicht auf das hohe Alter der Schildkröten ist hier Vorsicht geboten. Anscheinende Homologien können sich in Convergenzerscheinungen auflösen, und erst auf der Basis eines viel ausgiebigeren Materials, als wir es gegenwärtig gesammelt haben, können solche Fragen erspriesslich behandelt werden. Die bekannteste Gattung Dicynodon erreichte sehr grosse Dimensionen; die Schädel von D. leoniceps und tigriceps sind fast einen halben Meter lang, und erinnern mit ihren fürchterlichen Eckzähnen an die machaerodonten Katzen der Tertiärzeit, die sie aber an Grösse weit überragen. Sie haben unter allen Theromorphen die weiteste räumliche Verbreitung, sind in Russland, Schottland, Südafrika und Indien gefunden und vom Perm bis zum Keuper bekannt.

Die Theriodontia sind es besonders, die Annäherungen an den Säugethiertypus verrathen. Im Gebiss lassen sich Schneidezähne, Eckzähne und Backenzähne unterscheiden, die in tiefen Alveolen steckten, selten oder gar nicht gewechselt wurden, und zuweilen die beginnende Theilung der Wurzel

erkennen lassen. Es sind Collectivtypen, welche die Merkmale nicht allein verschiedener Reptilienordnungen, sondern auch von Amphibien und Säugethieren vereinigen; in manchen Punkten erinnern sie im Skelettbau auffallend an die Monotremen. Immerhin sind es hoch specialisirte Formen und man darf nicht ausser Acht lassen, dass manche der Eigenschaften, die sie mit anderen Stämmen theilen, solche sind, die auch dort erst auf dem Wege der Anpassung erworben sind.

In der Triaszeit tauchen auch, wie wir erwähnten, die ersten sicheren Spuren des Säugethierstammes auf. Vereinzelte Zähne im Keuper Schwabens, ein unvollständiger Schädel aus Basutoland, Südafrika, Skelettreste von Klipfontein in der Capcolonie, einige Unterkiefer aus Nordcarolina — das ist alles, was wir besitzen. Dennoch lassen diese Fragmente manche für die Geschichte des Stammes hochwichtige Folgerung zu.

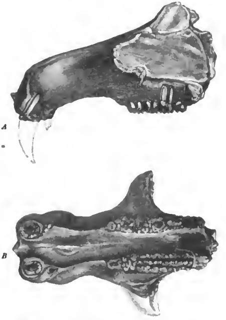


Fig 72. Tritylodon longaevus Owen. Aus der Karrooformation von Basutoland, Südafrika.
A der Schädel von der Seite, B von unten, um die Höckerreihen der Backzähne zu zeigen. Die punktierten Hauer sind umgeformte Schneidezähne. (Nach Owen.)

Zuerst fällt die grosse räumliche Verbreitung auf, die an sich schon eine lange Vorgeschichte voraussetzt und den Gedanken, dass die Absonderung vom Reptilienstamme in die palaeozoischen Zeiten zurückgreift, fast zur Gewissheit erhebt. Die säugethierführenden Schichten Südafrikas haben ausserdem in Südamerika in sehr verbreiteten Ablagerungen von gleichem Aussehen und gleichem Alter ein Gegenstück; schon weiss man, dass eine eigenthümliche Reptiliengattung, Mesosaurus, ihnen gemeinsam ist, die vielleicht von einem antarctischen Festlande aus sich divergirend verbreitet hat. Die Möglichkeit, auch in südamerikanischer Trias Säugethiere zu entdecken, muss stets im Auge behalten werden.

Auch ohne diese Vermuthung in unsere Betrachtung allzu fest zu verflechten, dürfen wir die Ausdehnung der primitiven Säugethiere von der

Südspitze Afrikas bis in das südliche Deutschland und von hier nach den Nordstaaten der Union hinüber eine umfassende nennen. Die Fäden sind schon in jener Zeit verwickelt gesponnen; es unterliegt keinem Zweifel mehr, dass Tritylodon longaevus aus der Karrooformation (Fig. 72) der nächste Verwandte des Triglyphus Fraasi aus dem Knochenbett von Hohenheim ist, und die nähere Kenntniss des letzteren wird wohl zeigen, dass selbst der Gattungsunterschied nicht festzuhalten ist. Auch Microlestes antiquus aus der Nähe Stuttgarts gehört in die Nähe, wenn man ihn auch als Vertreter einer eigenen Familie auffassen muss, die durch den jurassischen Plagiaulax sich bis in tertiäre Zeiten fortgepflanzt und eine relativ hohe Blüthe erlebt hat. In Reihen geordnete und durch Längsthäler getrennte Höcker der Backenzähne zeichnen sie alle aus, und Cope hat ihnen daher den passenden Namen Multituberculata gegeben. Aehnliche Zähne sind als hinfälliges und rasch verschwindendes Milchgebiss durch Poulton bei dem isolirt stehenden Ornithorhynchus paradoxus entdeckt. Man hielt sich hiernach für berechtigt, da ja die Monotremen die alterthümlichsten Formen der lebenden Säugethiere darstellen, die Multituberculata geradezu als Monotremata, beziehentlich diese als den letzten, vielleicht in manchen wichtigen Punkten veränderten Rest jener einst weit verbreiteten Gruppe aufzufassen. Neuerdings hat sich die andere, auf die Fortentwickelung der Plagiaulaciden in Jura, Kreide und Tertiär gestützte Ansicht wieder mehr gefestigt, welche die Multituberculata mit den Beutelthieren vergleicht, und zwar mit der Gruppe der Diprotodontia, welche vorn 2 auffallend grosse Schneidezähne besitzen. Besonders die lebende Känguruhratte, Hypsiprymnus, fordert zu solchen Vergleichen auf, aber eine Entscheidung ist nach den kärglichen fossilen Resten nicht zu treffen. Die den Plagiaulaciden eigenthümliche Umbildung des ersten Praemolaren zu einem Zahne mit langer, häufig geriefter Schneide, die, wenn die Stellung des ausgestorbenen, aber wohl noch quartären Thylacoleo Australiens richtig beurtheilt wird, zur Entwickelung eines gewaltigen, alle anderen Backzähne überflügelnden und verdrängenden Zahnes geführt hat, findet allerdings in Hypsiprymnus eine bedingte Parallele, aber gewichtige Gründe sprechen doch auch gegen die versuchte Annäherung, in erster Linie die angedeutete Stellung der Höcker in den Backzähnen. Osborn machte auch darauf aufmerksam, dass die bei den Multituberculaten wie bei den Diprotodontiern vorhandenen, auffallend grossen Incisiven weder homologe, noch homodyname Gebilde sind. Bei diesen wachsen die mittleren Schneidezähne übermässig, hypertroph, bei jenen kommen die seitlichen zur Entfaltung bei Unterdrückung und Schwund (Atrophie) der mittleren. Bei den typischen Multituberculaten

herrschte, wie aus dem Ineinandergreifen der Höckerreihen oberer und unterer Molaren hervorgeht, eine Kaubewegung wie bei Nagern, die naturgemäss zur Reduction der Schneidezähne auf ein Paar führt. Die lebenden Diprotodontier haben meist noch 3 obere Incisiven, und nur in einer sehr abseits stehenden Familie, den Phascolomyiden, herrscht nagerähnliche Kaubewegung und resultierte demgemäss nagerähnliche Bildung der Schneidezähne. Gerade die Zähne des Wombat darf man aber den Multituberculaten nicht vergleichen. Ameghino wiederum meint nachweisen zu können, dass der grosse schneidende Zahn am Anfang der Backzahnreihe im einem Falle der erste Praemolar, im andern der erste Molar sei. Dann würde nur der Fall einer durch gleiche mechanische Aufgaben und Function erzielten Convergenzerscheinung vorliegen, und alle hierauf gegründeten Schlüsse wären hinfällig.

Es scheint, dass die Multituberculata einem sehr alten, erloschenen Seitenzweig der Säugethiere angehören, dessen Beziehungen zu den Beutelthieren und den Monotremen vorläufig unaufgeklärt sind.



Fig. 73. Dromatherium sylvestre Emmons. Aus der oberen Trias von Chatham, Nord-Carolina. Unterkiefer, etwa 2½fach vergrössert. (Nach Osborn.)

Die Gattungen Dromatherium und Microconodon aus der Trias von Nordcarolina bilden eine Gruppe für sich, die weder in Europa noch in Südafrika bis jetzt vertreten ist (Fig. 73). Das wichtigste Merkmal der Zähne ist die kaum oder gar nicht erzielte Scheidung von Krone und Wurzel, die zudem ganz einfach bleibt oder nur in einer seitlichen Furche die ersten Spuren beginnender Theilung zeigt. Trotzdem markiren sich die verschiedenen Regionen des Säugethiergebisses deutlich: schlanke, locker gestellte und gekrümmte Schneidezähne, ein starker Hundszahn, stiftförmige Praemolaren und 6—7 gezackte Molaren. Schon bei Lacertiliern finden sich ähnliche Zahnformen, und bei diesen ist der gezackte und zwar dreizackige Zahn sogar häufig die Grundform, aus welcher durch die Reduction der Nebenzacken die einfach spitzen Zähne der vorderen oder die stumpfen der hinteren Region hervorgehen. Es ist deshalb nicht einwurfsfrei, wenn Osborn und fast die Gesammtheit der Palaeontologen die complicierteren Molaren aus den kegel- oder hechelförmigen hervorgehen lassen, zumal in manchen Fällen bei geologisch späteren Säugethieren die von hinten nach vorn vorschreitende Vereinfachung doch zugestanden werden muss. Es ist auch offenbar, dass die Schneidezähne und Praemolaren von Dromatherium im Stadium hoher

Reduction sind, wie aus ihrer Anzahl hervorgeht. Die Lacertilier sind nun immerhin durch die Art der Befestigung der Zähne weit von dem Säugethiertypus getrennt, obwohl der Werth auch dieses Merkmales verschieden beurtheilt werden kann. Bei theromorphen Reptilien (Perm, Trias s. o.) ist aber beobachtet, dass die Zähne in besonderen Alveolen stehen, bei Dimetrodon sogar, dass der Wurzeltheil sich zu furchen beginnt, als wolle sich auch hier die Theilung der Wurzel vollziehen. Hier sind die Zähne allerdings einfach conisch, und Wortmann und Osborn schliessen, dass die Theilung der Wurzel der Auflösung der Krone in mehrere Zacken voraufging. Die mechanischen Postulate für diesen Vorgang kennen wir nicht und die Palaeontologie wirft auf ihn kein directes Licht. Es mag aber hier an dreizackige und doch einwurzlige Schneidezähne der Chiropteren erinnert werden, in diesem Falle nachgewiesenermassen eine sehr alte Form der Zahnbildung.

Vielleicht ging, und es ist das die Ansicht des Verfassers, die Abzweigung des Säugethierstammes von den Reptilien durch Gattungen, welche die ungleichmässige Bezahnung und morphologisch entwickelte Form der Zähne von den Reptilien schon übernommen hatten. Gerade jene Reptilienordnung, die am meisten Beziehungen zu den Mammalien aufweist, die der Theromorpha, ist im Zahnbau hoch differenzirt, und z. B. Galesaurus hat dreizackige Backenzähne. Die beliebte Anknüpfung an abstrahirte und verallgemeinerte Typen schliesst die Gefahr ein, das System mit Sehemen zu bevölkern und die Reihenfolge der Thatsachen zu unterschätzen.

Schliesslich noch ein Wort über den Skelettrest aus dem Caplande. Seeley, der ihn beschrieb, glaubt nicht, dass der Schädel des Tritylodon und die Gliedmassen dieses Theriodesmus zusammengehören; der Beweis ist ohne Kenntniss vollständiger Materialien so wenig zu führen wie der Gegenbeweis. Der Humerus könnte der eines marsupialen Raubthieres sein, Ulna und Radius verbinden Eigenschaften der Carnivoren und Lemuroiden mit solchen gewisser Nager und von Echidna, und waren der Supination nicht fähig. Die Fingerglieder sind kurz, die vordersten mit Krallen. Auffallend ist, dass der dritte Finger sich angeblich aus vier Phalangen zusammensetzt, was mit Ausnahme der dem Wasserleben angepassten Sirenen und Walfische unter den Säugethieren sonst nie vorkommt. Es könnte um so eher ein durch die Erhaltung (Hohldruck) hervorgerufener Irrthum vorliegen, als die vor der ersten eingeschobene Phalanx viel kürzer als die nächstfolgende ist, an welcher sie wie eine Abgliederung hängt. Mit Ausnahme der nach jeder Richtung variabeln Endphalangen sind regelmässig die hinteren Fingerglieder

grösser als die vorderen. Die Handknochen sind aus dem Zusammenhang gerathen, doch scheinen mehr vorhanden zu sein, als bei Säugethieren je beobachtet sind. Meistens setzt sich die Hand bekanntlich aus 7 Knochen, einer oberen Reihe von 3, einer unteren Reihe von 4, zusammen, und schon das Auftreten eines zwischen beiden Reihen gelagerten Knochens gehört zu den Seltenheiten und wird nur von relativ wenig Säugern im erwachsenen Leben festgehalten (Hyrax, Elephas z. B.). Hier scheinen 3 „Centralia" vorhanden zu sein, was sonst nur bei niederen Wirbelthieren (z. B. Urodelen) vorkommt, und um so befremdender ist, als zwei andere Knochen, die sich meist getrennt verhalten, nach Seeley's Auffassung zu einem „Scapho-Lunare" wie bei Raubthieren verwachsen sind. Aus diesem Gemisch von Eigenschaften sind vorläufig Schlüsse nicht zu ziehen. Nur eins scheint sicher, und das möchte ich meinerseits hervorheben, dass der Fuss nicht allein deutlich plantigrad war, sondern auch, nach der Beschaffenheit der oberen Enden der Metacarpalia und ihrer Lage gegen die untere, wenig verschobene Corpusreihe jene Anordnung der Elemente zeigt, die man als seriale, oder als Taxeopodie bezeichnet, wovon später noch zu reden sein wird. Das Bild eines krallentragenden Sohlengängers passt vorzüglich in die Anschauung, die aus anderen Funden über die ältesten Säugethiere gewonnen sind.

B. Das triassische Weltmeer.

Die weit in das Land hineingeschnittenen, flachen Buchten und versandeten Küsten, die grossen Binnengewässer, in deren Senkungsbecken die Flüsse unermüdlich enorme Mengen von Sand und Schlamm abluden, die üppigen Wälder von Schachtelhalmen, Baumfarnen und Cycadeen, in denen Amphibien und Reptilien Versteck und Beute fanden, entschwinden dem Auge, wenn wir uns jetzt den Ablagerungen zuwenden, die zu der gleichen Zeit im offenen Meere abgesetzt wurden; das Festland versinkt und der Blick verliert sich in den unermesslichen Weiten eines Weltmeeres.

Nachdem durch die rastlosen Untersuchungen der Wiener Geologen eine Gliederung der triassischen Alpenkalke erzielt und nachdem die Fülle der Thierwelt in zahlreichen Monographien der Kenntniss der Fachgenossen zugänglich gemacht war, erlitt die Auffassung der triassischen Aera einen völligen Umschwung. Trotz der Vielgestaltigkeit der alpinen Schichten, die zum Theile in Fjorden tief eingeschnittener Inseln, an jener Stelle am Fusse eines zur Tiefe jäh abstürzenden Korallenriffes, an einer anderen auf der Leeseite eines solchen im seichten, ruhigen Wasser abgelagert zu sein

scheinen, dort die Charactere eines Riffes selbst, hier die eines regelmässigen Schlammabsatzes in der Küstenzone des offenen Meeres tragen, ist ihnen allen der Zug echt mariner Entwickelung gemeinsam, der sie in scharfen Gegensatz zu der Trias Mitteleuropas und Nordamerikas bringt, die bald der Aussüssung durch Flusswasser, bald der Verdampfung in salzgesättigten Lagunen unterlagen und von der echten Meeresfauna allmählich verlassen wurden. Nicht als ob die Verbindung des alpinen und des deutschen Triasgebietes ganz aufgehoben gewesen wäre. Die tieferen Triasschichten der Alpen, die Werfener Schichten, entsprechen unserem oberen Buntsandsteine, die Schichten von Virgloria, von Reutte u. a. beherbergen viele der oben genannten Fossilien und können unbedenklich dem deutschen Muschelkalk gleich gestellt werden; die Arten diffundirten von hier aus nach Norden und Nordwesten und kehrten auch gelegentlich wieder zurück, aber einige blieben auch damals schon dem alpinen Gebiete eigen und sind noch niemals in deutschen Triasschichten gefunden. Mit voller Eigenart entfaltet sich das hochmarine Thierleben in der alpinen Provinz erst nach der Zeit des Muschelkalks, während in Deutschland zur selben Zeit der Stand des Meeres am tiefsten gesunken zu sein scheint und erst am Schluss der Trias, mit der Annäherung an die Jurazeit, das Binnenmeer sich wieder ausdehnt, breite Verbindungen mit dem Ocean im Osten und Westen gewinnt und der Austausch der Bewohner wieder beginnt.

Die altbekannten Versteinerungen des Hallstätter Marmors, die zuerst die Aufmerksamkeit auf die alpine Trias lenkten, stehen aber wiederum, wie sich gezeigt hat, in der alpinen Provinz fast einzig da und nur an wenigen, räumlich nicht weit auseinander liegenden Orten der Alpen sind ihre characteristischen Formen wiedergefunden, während alle anderen Localitäten faunistisch zusammenhängen und das Gebiet eines triassischen Mittelmeeres umziehen, welches bis Bogdo in Südrussland und bis nach Kleinasien hinein sich erfolgen lässt. Die Isolirung der Schichten des Salzkammergutes, welche man als juvavische Provinz der mediterranen gegenüberstellte, blieb räthselhaft, so lange man glauben musste, dass man es mit einer Localbildung zu thun habe; die oft riesenhaften Ammoniten mit ihren fast zahllosen Arten verriethen den Pulsschlag eines Weltmeeres, und doch war die Verbindung nach dem Mittelmeere hin so sehr gehemmt, dass unter vielen hundert Arten, die man in den Hallstätter Kalken diesseits, in den Cassianer, Raibler- oder Esinoschichten jenseits der hypothetischen Barre findet, kaum ein Dutzend die Wanderung gemacht hat.

Mojsisovics sprach schon in früheren Arbeiten die Ansicht aus, dass

die in Europa räumlich so sehr beschränkte, juvavische Trias mit ihrer reichen exotischen Fauna nur ein kleiner westlicher Ausläufer eines grossen Ostmeeres sei, und durch die Untersuchungen der arctischen und pacifischen Triasfaunen hat sich dies im vollen Umfange bewahrheitet, ist sie als ein Bestandtheil des grossen triadischen Weltmeeres erkannt, mit welchem sie durch die Vermittelung des indischen Meeresarmes in Verbindung stand. So hat sich unsere Beurtheilung des Trias aus engen Verhältnissen zu immer weiterem Horizonte hinausgearbeitet. Der Typus der deutschen Trias wurde als locale Binnenentwickelung erkannt und ihm die marine Facies der mediterranen Provinz entgegengestellt; das triassische Weltmeer lernte man noch später kenn'en und zugleich, dass die mediterranen Schichten zum grössten Theile nicht ihm, sondern einem Mittelmeere angehören, das rings von Land umschlossen nur im Westen und Osten geringe Verbindung mit dem grossen Oceane hatte und dessen Fauna in diesem Sinne ebenfalls localisirt genannt werden darf.

„So unvollständig und ungenügend“ schreibt Mojsisovics, „bis heute unsere Kenntniss von diesen interessanten Vorkommnissen ist — was namentlich von den ziemlich artenreich scheinenden, nordamerikanischen Cephalopodenschichten gilt — so lässt sich doch bereits mit Sicherheit erkennen, dass die Küstengebiete der arctischen Gegenden zusammen mit der Umrandung des pacifischen Oceans eine weite, durch einheitlichen Character der Faunen verbundene Region bilden, welche als die „arctisch-pacifische“ Triasprovinz bezeichnet werden soll. Es ist dies weitaus das grösste bekannte einheitliche Triasgebiet der Erde, wenn wir auch, da die uns zugänglichen Sedimentreste sich auf küstennahe Gebiete diesseits und jenseits des pacifischen Oceans, sowie des nördlichen Eismeeres beschränken, verhältnissmässig nur geringe Theile desselben kennen. Wie bereits bei einer früheren Gelegenheit angedeutet worden war, war die Triasperiode für die heutigen Continentalmassen eine vorwiegende Continentalperiode, allerdings wesentlich modificirt durch die Entwickelung der oben skizzirten seichten Binnenmeere von marinem bis limnischen Character, weshalb sich die Reste pelagischer Sedimente hauptsächlich in den jungen Kettengebirgen und in Küstenregionen finden. Dürfen wir aus dieser Art der Verbreitung schliessen, dass die Meere der Triasperiode im grossen Ganzen mit den heutigen Meeresbecken zusammenfielen, so drängt sich uns dieser Schluss insbesondere für das grösste der Meere, für das pacifische Becken auf. Von Peru im Süden zieht sich eine allerdings mehrfach unterbrochene Reihe pelagischer Triasformationen in der pacifischen Abdachung des amerikanischen Continentes bis nach Alaska im Norden. Auf

der Westseite des pacifischen Oceans bezeichnen Neu-Seeland, Neu-Caledonien, Timor, Japan und der ochotskische Meerhusen Küstenstriche des pacifischen Triasoceans, während das Mündungsgebiet des Olenek mit Werchojansk und der Eisfjord Spitzbergens die Fortsetzung dieses Oceans in die arctischen Regionen andeuten."

Die Kenntniss dieser Schichten beruht zuweilen nur auf wenigen Stücken, die von Forschungsreisenden unter oft grossen Schwierigkeiten erbeutet und der wissenschaftlichen Untersuchung zugeführt sind. Die Trias des centralen Himalaya fand Griesebach in der Gegend zwischen Niti- und Milam-Pass bis zu 18500 Fuss hoch aufgefaltet und geschoben, und die kältestarrenden Gegenden von Werchojansk und Mengiläch am Olenek machen in anderer Art nicht geringere Anforderungen an die Ausdauer und Opferwilligkeit der Reisenden. So bleibt noch viel zu thun, ehe sich das Bild der geographischen Verbreitung des triassischen Weltmeeres und seiner Thierwelt in scharfen Contouren anlegen lässt. Bis jetzt liessen sich viele dieser über die ganze Welt zerstreuten Fundpunkte fast nur auf palaeontologischem Wege vergleichen, weil über den geologischen Verband mit jüngeren und älteren Schichten die Daten mangeln. Die einer Meeresprovinz eigenthümlichen Formen sind nicht geeignet über das Alter unmittelbaren Aufschluss zu gewähren, gemeinsame Arten wird man aber in räumlich entfernten Meeresprovinzen nur selten finden. Je geringer die an einer Localität gemachte Ausbeute ist, desto entstellender tritt der Einfluss des Zufalls in den Vordergrund. Man gewinnt einen gewissen Anhalt, wenn man Gelegenheit hat, die Arten weit verbreiteter Gattungen in Bezug auf ihre Entwickelungshöhe abschätzen zu können. So kennt man gewisse Ammonitengeschlechter schon aus dem Perm, und kann sie durch die tieferen Stufen der Trias bis in die höchsten verfolgen; überall durchlaufen die Arten die gleichen Entwickelungsstadien, wandeln sich die Merkmale, welche die ältesten auszeichnen, nach bestimmten Richtungen. Wie man die Faunen, die sich in gleichen Entwickelungsstadien befinden, als homotaxe bezeichnen kann, so findet dieses Wort auch Anwendung auf die Schichten, in denen sie begraben liegen. Sehr häufig sind homotaxe Schichten auch thatsächlich gleichaltrig, da über weite Entfernungen hin in der Entwickelung der Arten das gleiche Tempo herrscht, aber eine Nothwendigkeit liegt nicht vor, und eine Altersparallelisirung nach diesen Gesichtspunkten bedarf der Bestätigung durch die Stratigraphie. Hätte man Schichten, erfüllt mit den Resten südamerikanischer Beutelthiere, so wäre der Schluss berechtigt, sie als dem Tertiär oder der Kreide homotaxe Bildungen zu bezeichnen, denn die Entwickelung ist in gewissem

Sinne hier nicht über ein Stadium hinausgediehen, welches in anderen Erdtheilen schon in jenen älteren Zeiten erreicht war.

Trotz dieser Lückenhaftigkeit unserer Kenntniss vom triassischen Weltmeere ist doch die Auffassung der Trias durch die ausgezeichnete Verwerthung des geringen Materiales entschieden auf eine höhere und breitere Basis gestellt. Es eröffnet sich ein Einblick in die Wanderungen der marinen Thiere, in die Verbindungen alter Meere, die überraschend wirkt.

Wir hatten erwähnt, dass zur Zeit des Buntsandsteins und auch des Muschelkalkes noch nicht jene scharfe Verschiedenheit zwischen der deutschen und der alpinen Trias, zwischen mediterraner und juvavischer Ausbildung herrschte. Erst zur Zeit des oberen Muschelkalkes entstanden die Barrièren, die einen freien Austausch der Bewohner verhinderten, schob sich der Ausläufer des pacifischen Weltmeeres bis an den Nordrand der Alpen, siedelten sich in diesem Winkel die zahlreichen der mediterranen Trias fremden Arten an. Um diese Zeit entstand in der juvavischen Provinz, die man nach Juvavium, dem alten Namen Salzburgs, so geheissen hat, als Parallelgebilde unseres und des mediterranen Muschelkalkes ein marmorartiger Kalk, der ganz den Typus des späteren Hallstätter Kalkes hat und auf Schreyer's Alm eine Fülle interessanter Versteinerungen lieferte. Nach einer kurzen Unterbrechung, während welcher die weichen, thonigen Zlambachschichten abgesetzt wurden, also der Meeresboden ganz andere physikalische Bedingungen bot und auch anderen Thieren als früher und später, z. B. zahlreichen Korallen, zur Wohnstätte diente, wurden wieder mächtige Kalkschichten gebildet, die obengenannten Hallstätter Kalke. Enorm lange Zeiten hindurch trat in den physikalischen Bedingungen keine Änderung ein, nur ganz allmählich wandelten sich die Arten in andere um, sodass v. Mojsisovics hiernach in dem petrographisch gleichartigen Gesteine eine Reihe palaeontologischer Stufen unterscheiden konnte, die sich in zwei grössere, die norische und die karnische, zusammenfassen lassen. Die norische steht sowohl den deutschen wie den mediterranen Ablagerungen jener, etwa dem Keuper entsprechenden Zeit am schroffsten gegenüber; die Verbindungswege zwischen den verschiedenen Gebieten können nur sehr beengt gewesen sein und waren wohl zeitweise ganz aufgehoben, bis in der rhätischen Zeit die Barrièren allmählich fallen, das von Süden andrängende Meer mit seiner Bevölkerung auch die isolirten Triasbecken wieder füllt und weit über die Grenzen hinaus sich verbreitet. Die juvavische Provinz hörte auf zu existiren, ihre Thierwelt folgte dem weichenden Strande in unbekannte Gegenden, obwohlviele Arten in die benachbarten Meere über-

gegangen waren und auf das Thierleben der jurassischen Zeit grossen Einfluss übten.

Im eigentlichen Bezirk des pacifischen Weltmeeres trifft man pelagische cephalopodenreiche Schichten, wie sie die juvavische Provinz auszeichnen, schon an der Basis der Trias an; Griesbach entdeckte sie im Himalaya unmittelbar über den permischen Productuskalken, welche ja ebenfalls reich an Cephalopoden des jüngeren Ammonitenzweiges sind.

Während aber im Perm noch die goniatitische Lobenentwickelung herrscht, projiciren sich bei den Ammoniten der unteren Trias die Kammerscheidewände schon in durchweg complicirteren Linien (Loben), die man nach dem Beispiele des Ceratites nodosus als ceratitische bezeichnet. Wenn Gattungen wie Xenodiscus, Otoceras und Meekoceras aus dem Perm in die Trias reichen, so erfahren sie in den jüngeren Schichten gewöhnlich eine stärkere Differenzirung ihrer Merkmale, die dann zu neuen Gattungstypen überleitet. So entsteht z. B. aus dem Xenodiscus im Muschelkalk Gymnites mit reichzerschlitzten Loben. Mit Ausnahme der Säugethiere giebt es kaum eine grössere Gruppe, welche für die Entwickelungsgeschichte so reichhaltiges Material lieferte, wie die Ammonitidier, und mit Recht werden sie in der Palaeontologie deswegen mit grosser Vorliebe behandelt.

Den verschiedenen tieftriassischen, dem Buntsandstein etwa gleichaltrigen Horizonten des centralen Himalaya, in deren Studium man erst neuerdings eingetreten ist, reihen sich die Ceratitenschichten der Saltrange, und analoge Formationsglieder in Kaschmir an. Ähnliche Funde sind gemacht bei Wladiwostok an der ostsibirischen Küste, bei Mengiläch am Olenek, und dann wieder in Idaho und Wyoming, wo aber, dem weit von der pacifischen Küste entfernten Vorkommen entsprechend, neben den Characteren pelagischer Ausbildung schon andere auftreten, welche zu der noch weiter östlich herrschenden Binnenentwickelung der nordamerikanischen Trias hinüberleiten.

In noch weiterer Verbreitung kennt man Schichten, die etwa unserem Muschelkalk gleichaltrig sind. Zwischen Niti und den tibetanischen Hundes, ferner in Spiti sind mächtige Kalkablagerungen bekannt, die, ähnlich dem alpinen Muschelkalk, durch die Häufigkeit der Ammonitengattung Ptychites ausgezeichnet sind. Sie scheinen sich auf der russischen Insel gegenüber Wladiwostok zu wiederholen, und hoch im Norden, auf Spitzbergen, tritt eine Muschelkalkfauna mit Ptychiten in den sog. Daonellenkalken auf. Unter ihr, dem tiefsten Muschelkalk homotax, lagern dort Posidonomyen-Kalke mit

zahlreichen Ceratiten. Die höheren Horizonte von Idaho, mit Pseudomonotis idahoensis, scheinen ebenfalls in den Muschelkalk zu fallen.

Schon in den Werfener Schichten der Alpen zeigt sich der Einfluss dieses triassischen Weltmeeres. Eine einzelne Meekoceras-Art ist offenbar versprengt, dagegen bedeutet die Häufigkeit der Gattung Dinarites eine grössere Invasion. Die vielen Beziehungen des alpinen mit dem indischen Muschelkalke deuten an, dass damals die Wanderzüge wesentlich dem grossen Mittelmeere folgten. Am interessantesten ist aber der Vergleich der norischen Schichten, die auch im Himalaya nach neuen Mittheilungen von v. Mojsisovics dem Hallstätter Vorkommen überraschend ähnlich entwickelt sind. Der Austausch zwischen der indischen und der mediterranen Provinz war scheinbar behindert; nur wenigen Typen des pacifischen Meeres ist es gelungen, die Hindernisse zu überwinden, während die Cephalopoden-Fauna des Gebirges um Hallstatt, der juvavischen Provinz, reich an Beziehungen zum fernen Osten und den arctischen Gegenden ist. Formen, welche in Indien und im Norden schon während der mittleren und unteren Trias existirten, tauchten jetzt auch in jenem westlichsten Ausläufer des grossen Meeres auf, andere, umgeänderte verbreiteten sich wieder bis in die Heimath ihrer Vorfahren zurück. Ein solcher Austausch deutet auf breite Meeresverbindungen hin, welche nördlich des Mittelmeerbereiches aus dem Herzen Europas bis nach Indien und von dort zur arctisch-pacifischen Provinz bestanden, während das centrale Mittelmeer sich nicht so weit nach Osten ausdehnte und von den norischen Gewässern Indiens getrennt war. Diesen allgemeinen Umrissen schärfere Gestalt zu geben, sie auszufüllen und ein genaueres Bild der triassischen Oceane zu geben, bleibt kommenden Forschungen vorbehalten.

Von der juvavischen Fauna dieser Meere sind uns Korallen, Echinodermen, Brachiopoden, Zweischaler, Schnecken und Cephalopoden in grosser Zahl bekannt; oft sind ihre Reste gesteinsbildend angehäuft, wie in den Gastropodenkalken oder den Schichten mit Tropites subbullatus bei Hallstatt, oder in den Daonellenschichten des hohen Nordens.

Fast in allen Classen tritt das modernere Element kräftig hervor, während die eigentlich palaeozoischen Formen daneben nur noch vegetiren. Es ist die Zeit bedeutender Umprägungen, die Vorbereitung der jurassischen Periode, und schon heben sich Gruppen deutlich heraus, von denen man in genetischer Stufenfolge den Uebergang zu noch lebenden Typen verfolgen kann. Hier etwas zu schildern, ist ein Ding der Unmöglichkeit. Nur ganz flüchtig kann versucht werden, aus zwei bekannten, versteinerungsreichen Localitäten einen raschen Ueberblick über das damalige Meerleben zu gewinnen.

In Hallstatt sind fast ausschliesslich Brachiopoden und Mollusken in den Kalken vertreten; Korallen sind besonders in den norischen Lagen selten, häufiger nur die kugligen Stöcke des aberrant gebauten Heterastridium, das Stoliczka zuerst oben auf den Karokorumpasse des Himalaya fand. Auffallend häufig sind Schalen von Gastropoden und Mollusken, welche bei Lebzeiten des Thieres verletzt und vom Bewohner wieder ausgebessert sind; das deutet auf starke Bewegung des Wassers hin, welches hier ungestüm an den steil in grosse Tiefen absinkenden Felsküsten brandete. Die leeren Schalen wurden oft zerschmettert und ihre Fragmente erfüllen jetzt ganze Schichten des Hallstätter Kalks. Für die empfindlichen Korallen, für Echinodermen und auch für viele Zweischaler war hier kein geeignetes Revier, während Cephalopoden und Gastropoden in auffallender Menge und in schönen, oft sehr grossen Formen sich finden. Neben den Orthoceren, den letzten Resten des einstmals so blühenden palaeozoischen Geschlechtes, lebten hier die ersten Belemnitidier (Aulacoceras, Atractites), neben Ammoniten von goniatitenartig einfacher Bildung die riesigen Pinacoceras mit ihrer reichen, prächtigen Lobirung, und neben zahlreichen, auf die Trias beschränkten Gattungen auch die Vorläufer mancher jurassischen, wie Phylloceras und Lytoceras. Aehnlich reihen sich unter den Gastropoden an einen Stamm triassischer Formen Nachzügler aus palaeozoischen Zeiten (wie Murchisonia, Loxonema, Macrocheilus u. a.) und Vorläufer jüngerer Familien (Turritelliden). Das ist aber ein Zug, der durch die gesammte hoch marine Entwickelung der Trias geht und nicht auf die juvavische Provinz beschränkt ist. So schildert Frech, wie die Korallenfauna der Trias einen durchaus mesozoischen Habitus trägt und wie z. B. die sechstheilige Anordnung der Septa bei vielen Arten der Madreporarier mit voller Deutlichkeit beobachtet wurde. Wie man vereinzelte Vorläufer jüngerer Formen findet (Prographularia, Procyclolites, Heterastridium), so kommen auch „Superstiten“ der palaeozoischen Tabulaten (Araeopora, Chaetetes) und der Tetracoralla (Cyathaxoniden) noch vor. Die Gattungen Columnaria, Amplexus und Pinacophyllum bilden eine natürliche, vom Untersilur durch das ganze Palaeozoicum bis in die Trias reichende Reihe; andererseits ist Prographularia der triassische Vorläufer von Graphularia, hängt Heterastridium mit Parkeria und Millepora zusammen. Zweifellose Uebergangsformen von den Rugosen zu den Hexacorallen kennt man auffälliger Weise nicht; die grosse Umwandlung der Anthozoenfauna hat sich vor dem Muschelkalk und nach dem Permocarbon vollzogen. Vielleicht führt auch hier die nähere Erforschung der indischen Trias zu einer befriedigenden Aufklärung.

Der mediterranen Provinz gehören die berühmten Schichten von St. Cassian an; zugleich müssen hier physikalische Bedingungen geherrscht haben, die weit von denen des juvavischen Meeres sich entfernten. Der auffallendste Zug, der die ganze Fauna auszeichnet, ist die geringe Grösse der Individuen; man glaubt Muschelbrut vor sich zu haben, und doch zählt man an Schnecken und Ammoniten ebensoviele Umgänge, wie an den Riesenformen Hallstatts. Es ist vorläufig ein Problem, auf welche Ursachen dies zurückzuführen ist. In den Tangwiesen des hohen Meeres, in den Sargassomeeren, hat sich eine ähnlich zwerghafte Bevölkerung angesiedelt; aber auch die Cephalopoden, also pelagische Schwimmer, die sich wohl niemals in treibenden Fucus-Ballen wohl fühlen würden, in St. Cassian aber häufig sind, erreichen hier keine grösseren Dimensionen. Das Wasser war relativ seicht, so dass vorwiegend thonige Mergel abgesetzt wurden; Ausbrüche benachbarter Vulcane führten dem Meere Tuffmaterial zu, das sich mit dem rein Klastischen mengte. Starke Isolirung, wie sie weit in das Land geschnittene Fjorde bieten, grosse Ruhe des Wassers mögen in der Herabminderung der Individualgrösse ihre Rolle gespielt haben, aber eine befriedigende Erklärung kann nur durch eine directe Parallele mit der Gegenwart herbeigeführt werden, die bis jetzt nicht gefunden ist. Hunderte von kleinen Schneckenarten, dann aber auch Bivalven, Cephalopoden, Brachiopoden, Crinoiden, Seeigel (besonders Cidariden), Korallen und Spongien bilden eine formenreiche, hoch interessante Mikrofauna, die ebenso wie die juvavische weder der palaeozoischen noch der moderneren Typen entbehrt. In den Buchten der Schlerndolomite kehrt diese Fauna theilweise wieder, aber die Arten sind hier viel grösser und kräftiger, geringer an Zahl und gemischt mit lombardischen Typen; man fühlt, dass hier ein freierer Austausch, ein kräftigeres Leben herrschte. Die imposanten Bergformen der Schlerndolomite selbst lehren uns eine dritte, die Riff-Facies, der alpinen Trias kennen; die meisten der gewaltigen Kalkriesen des Schlerns, des Wettersteingebirges, des Dachsteins verdanken der Thätigkeit riffbildender Korallen oder Kalkalgen wie der Gyroporellen ihre Entstehung und ihre massige, schicht- und structurlose Erscheinung. Nicht zu alpinen Hochgebirgen emporgethürmt, aber doch in lang gezogenen Falten aufgestaucht, ragten schon zur Triaszeit die krystallinischen und palaeozoischen Gebirgskerne der Alpen über das Meer empor, ein weitgespannter Inselbogen, wie ihn etwa die versunkenen Hochgebirge der Antillen oder die Inselguirlanden Ostasiens darstellen. Wenn durch tektonische Bewegungen auf dieser fast immer empfindlichen Linie die Inseln sich hoben und sich verbanden, schieden sie das nördliche und südliche Meer fast vollkommen, und die Entwickelung

der Thierwelt schlug hüben und drüben selbstständige Wege ein; wenn sie sich senkten, entstanden breite Meeresstrassen zwischen den auseinander tretenden Höhen, und vermischten sich die Faunen. Besonders zur Zeit der norischen Stufe, die eine fast vollkommene Absperrung der juvavischen gegen die mediterranen Gewässer annehmen lässt, wurde diese schmale Landzone in einiger Entfernung von Barrière-Riffen begleitet, die gegen die See steil abstürzten, während zwischen ihnen und dem Lande ein Gebiet verhältnissmässig seichten, ruhigen Wassers lag, in dem geschichtete Mergel und Kalke zum Absatz kamen, gleichzeitig mit dem Weiterwachsen der Riffe. Was durch die Brandung vom Aussenrande der Riffe abgerissen wurde, wurde an ihrem Fusse aufgehäuft, den Schutthalden ähnlich, die den Fuss der Steilgehänge im Hochgebirge begleiten und verhüllen. Nur darin weichen die im Wasser gebildeten Schutthalden ab, dass sie naturgemäss eine bestimmte Schichtung annehmen, die man als „Uebergussschichtung" characterisirt hat, und welche in Wildbachkegeln und in Deltabildungen wiederkehrt. Der „Riffstein" in seinen eigenthümlichen Lagerungsformen ist ungemein characteristisch für die Korallenbauten und leitet zur Annahme ihrer Existenz, auch wo von den Bauherren keine Reste zu erblicken sind. Es ist eine Eigenthümlichkeit der Korallenriffe und auch der Kalke, welche durch die absondernde Thätigkeit von niederen Pflanzen entstehen, dass sie im Innern nach und nach jede Structur verlieren; so sind auch die Dolomit- und Kalkriffe der Ostalpen sehr arm an deutlichen Resten der Organismen, denen wir ihre Entstehung zuschreiben. Die Denudation, der zerstörende Einfluss der Atmosphärilien hat die oberflächlichen Theile der Riffe entfernt und die fast gänzlich structurlosen Kerne blosgelegt. Die Entscheidung, ob der Rest eines Barrière-Riffes der Korallenzone, oder einer von Kalkalgen auf dem Meeresgrunde gebildeten Masse vorliegt, ist daher oft schwierig. Die grosse geologische Bedeutung dieser Pflanzen ist besonders durch die Untersuchungen v. Gümbel's in das rechte Licht gerückt; auf den Verwitterungsflächen der im Bruche scheinbar homogenen Wettersteinkalke und Mendoladolomite sind ihre Formen oft scharf ausgeprägt, und nachdem sie vorübergehend zu den Thieren gestellt wurden, ist durch Munier-Chalmas ihre Verwandtschaft mit den dem Aussterben entgegengehenden Dasycladeen und Polyphyseen nachgewiesen. Bei aller Vielgestaltigkeit der Form ist ihnen gemeinsam, dass die ganze Pflanze aus einer einzigen, aber vielfach verzweigten Zelle besteht, deren gallertartige Aussenschichten stark verkalken. Die dickwandigen Cylinder von Gyroporella und Diplopora, den Hauptgattungen der Triaskalke, sind also die Kalkhüllen der eigentlichen Zellenmembrane, die seitlichen

Kanäle, die sie wirtelförmig durchbohren, rühren von dünnen Seitenschläuchen der Zelle her. Gegenwärtig leben nur wenige Gattungen in den tropischen Meeren und im Mittelmeere, und nach ihrem Vorkommen kann man sich nur schwer eine Vorstellung machen von dem wuchernden Wachsthum jener fossilen Formen, durch welches riesenhafte Kalkberge hervorgerufen sind.

Nach einer kürzlich erschienenen Mittheilung des Herrn v. Mojsisovics bedarf die Auffassung der „juvavischen“ Trias einer wesentlichen Aenderung, jedoch war eine Umarbeitung des schon in Revision gelesenen Abschnittes nicht mehr möglich. Es hat sich herausgestellt, dass die „norischen“ Kalke sammt den ihnen eingelagerten Zlambach-Schichten nicht älter, sondern jünger sind als die „karnischen“. Sie sind also nicht mit den Cassianer und Wengener Schichten, sondern mit dem Hauptdolomit und dem Dachsteinkalk, der „Oberen Kalkmasse“ Bittner's zu vergleichen; der Contrast mit der „mediterranen“ Triasfauna wird dadurch sehr abgeschwächt, denn dieses Niveau hat in den Nord- und Südalpen schon juvavische Ammoniten geliefert. Norisch-juvavische Typen sind auch in Siebenbürgen, im Gömörer Comitat in Ungarn, in Bosnien und Sicilien gefunden. Die juvavische Provinz muss der mediterranen wieder angegliedert werden, das norisch-triassische Mittelmeer verliert seinen localen Character und zeigt sich von indisch-pacifischen Einwanderern durchschwärmt, die hier und dort besonders günstige Stätten für ihr Gedeihen fanden; es stand nach Osten in derselben breiten Verbindung mit den indischen Gewässern wie das Meer, in dem der alpine Muschelkalk sich bildete.

Neuntes Capitel.

Das jurassische System.

A. Eintheilung und Verbreitung des Jura.

Nach Leopold von Buch's Vorgange wird mit diesem Namen das System zwischen Trias und Kreide eingeschlossener Sedimentgesteine bezeichnet, welche in langgezogenen Falten den schweizer Jura, in flachgelagerten Flötzen den schwäbischen und französischen Jura aufbauen, aber in viel weiterer Verbreitung auf der ganzen Erde eine wichtige und in ihren Characteren sehr beständige Formation bilden. Mit überraschendem Versteinerungsreichthum tritt sie uns entgegen auf den Gipfeln der Hochgebirge, in den Ketten des Himalaya und auf der Höhe der Anden, mit derselben Fülle an den Abhängen der Mittelgebirge und Hügelwellen Mitteleuropas, an den Küsten Englands und Frankreichs, und unter Diluvialschutt vergraben in den Thaleinschnitten des europäischen Russlands. Geht schon das Volk nicht achtlos vorüber an den oft schön geformten Muscheln und Ammonshörnern, die in Thonstichen und Steinbrüchen dem Auge sich aufdrängen, die häufig schon der Pflug aus der Erde reisst oder „der Wandrer" ausgewittert „auf den Bergen findet", ist es manchem gebildeten Laien eine liebe Nebenbeschäftigung geworden, in Wald und Feld nach diesen Reliquien ältester Vergangenheit zu spähen das Gesammelte zu Hause zu sichten und an der Hand dieser kleinen Schätze den Eingang in das Reich der Palaeontologie zu suchen, so fühlt sich auch der Fachgelehrte selbst immer wieder angezogen von dem Reichthum der jurassischen Faunen und benutzt diese unerschöpfliche Quelle, um sich auch der Einzelheiten seiner Wissenschaft zu bemächtigen, die Kenntniss des organischen Lebens jener Zeit möglichst zu vertiefen, dann aber von dieser Basis aus ein Netz kühner Schlüsse zu ziehen, welche auf das Wie? des Entwickelungsganges hinzielen. So gab Quenstedt in seiner Gliederung des schwäbischen Juras ein Beispiel, wie fruchtbringend die genaue Beobachtung des organischen Lebens, seine Erscheinungsform und seine Veränderungen für die stratigraphische Geologie werden kann. Durch

seine Schriften wurde das Land zu einem classischen Boden, dessen klar erkannter Aufbau überall in Deutschland ein Ausgangspunkt für das Studium ähnlicher Gebiete war; in ihnen fanden sich zum ersten Male Principien angewandt, welche für die Geologie von tiefer Bedeutung wurden. Die ins Einzelne gehende Gliederung der stratigraphischen Stufen in Horizonte, welche durch ihre „Leitfossilien“ auseinandergehalten werden, von Quenstedt begonnen, wurde durch Oppel, Waagen u. a. noch weiter geführt. Eine unmittelbare Folge der stratigraphischen Detailgliederung ist die Vertiefung der palaeontologischen Forschung, die möglichst scharfe Scheidung der auftretenden Arten, das Aufspüren ihrer Abänderungen je nach dem Horizonte, den sie geologisch einnehmen, d. h. der Wandelungen, welche Zeit und der Wechsel der Lebensbedingungen an einer Art hervorbringen. Durch Neumayr wurde die Juraformation zu einem classischen Beispiele, wie nach gewonnener positiver Grundlage die Vergeistigung der Materie eintreten kann und muss. Die Festlegung der kleinsten, erkennbaren Abstufungen innerhalb einer grösseren Schichtenfolge ermöglichte ihm einen Einblick „in die Gesetze der Verbreitung und Umgestaltung der fossilen Organismen, in die Mechanik der Artenveränderung“. Die Nebeneinanderstellung der Zonengliederung dieser einen Formation in verschiedenen Ländern ward zum Mittel, die Lage der alten Meere und Länder wenigstens in ihren groben Umrissen zu enträthseln und den Schwankungen in der Vertheilung von Land und Wasser nachzugehen, während in den Abweichungen der Faunen gleicher Schichten je nach der geographischen Lage innerhalb desselben Oceans die Wirkungen klimatischer Einflüsse sich wiederspiegeln mögen. Keine der geologischen Formationen ist so durchgearbeitet wie der Jura, aber das Ziel aller Einzelforschungen, ein klares Bild jener Periode zu geben, liegt doch noch in weiter Ferne. Durch die Reisen der letzten Jahre sind Thatsachen bekannt geworden, welche zu vorsichtiger Prüfung veranlassen; Neumayr's Ideen bedeuten keinen Abschluss, aber sie haben neue Wege der Forschung gezeigt, und wenn auch der kundige Führer uns entrissen ist, so wird man doch im allmählichen Vordringen nicht erlahmen.

Wenn wir versuchen, Neumayr's Gedankengang zunächst in kürzeste Form zusammenzudrängen und unserer Schilderung der Jurazeit gleichsam als Devise voranzustellen, so heben sich zwei grosse Momente vor allen heraus. Die Meere, welche zur Liaszeit von dem Norden der Continente sich zurückgezogen haben, so dass wir liassische marine Ablagerungen nur in relativ beschränkter Verbreitung kennen, drängen später gewaltig wieder an; sie kehren wie Fluthwellen vom Aequator zu den Polen zurück und über-

schwemmen weithin dio Festländer. Dieses Phänomen ist so grossartig, dass Neumayr nicht glaubte, es durch Senkungen der Erdrinde, denen das Meer nachströmend folgt, erklären zu können; ihm offenbart sich hier der rhythmische Wechsel in der flüssigen Erdhülle, welcher höheren, der Erde von ihrem Sonnensystem dictirten Gesetzen entspringt. Unterliegen aber die Meere einer periodischen Bewegung, die sie bald zu dem Aequator hindrängt, bald an den Polen anhäuft, so muss diese Erscheinung auch weit über den Rahmen der Jurazeit hinaus sich bemerklich machen. Es muss die geologische Geschichte sich als eine Verkettung von Festlandsperioden, dem Haften der Oceane an den Polen entsprechend, und Transgressionsperioden darstellen lassen, in denen die Länder in der Umarmung der von Süd und Nord ansteigenden Meere versinken. Das sind die Gedanken, denen auch Suess im zweiten Band seines „Antlitzes der Erde" grossartigen Ausdruck verliehen hat, und die seitdem von vielen wiederholt sind.

Fussen diese auf der stratigraphischen Eigenthümlichkeit des Jurasystemes, so leitete die umfassende Kenntniss, die Neumayr von der jurassischen Fauna besass, ihn zu einem zweiten Schlusse von nicht geringerer Tragweite. Trotz der Verwandtschaft aller gleichzeitigen jurassischen Faunen, welche die Wiedererkennung eines bestimmten Horizontes von den Anden bis zum Himalaya ermöglicht, treten auf der ganzen Erde qualitative Abstufungen hervor, die zu der Breitenlage eines Ortes in bestimmtem Verhältniss zu stehen scheinen und von Neumayr als die ersten Spuren klimatischer Zonen gedeutet sind. Der Jura von Deutschland tritt mit denselben Characteren seiner Fauna überall in Mitteleuropa auf, ist aber durch Fehlen und Vorhandensein gewisser Thierformen ebenso scharf von dem Jura Russlands wie von dem des Alpenzuges geschieden. Dieses Verhältniss zieht sich über die ganze Erde; die Verschiedenheit der Faunen folgt äquatorialen Gürteln, und es liegt daher nahe, sie mit der wichtigsten Quelle zonaler Differenzirung, mit der klimatischen Wirkung der Sonnenbestrahlung in Einklang zu setzen. In weitester Ausdehnung ist der Jura von alpin-mediterranem Character bekannt. Vom 30. Breitengrade im Norden reicht der erdumfassende Gürtel bis über den 30. Grad im Süden hinaus; noch weiter im Süden verliert sich der bezeichnende Habitus und die Faunen bekommen wieder mehr Verwandtschaft mit dem mitteleuropäischen Jura. Diesen Satz näher zu begründen, wäre von fundamentaler Bedeutung für die entwickelte Zonentheorie, denn diese fordert ja geradezu die Wiederkehr analoger Gestaltung und Zusammenlebens im Norden und im Süden des Gleichers. Man darf aber nicht ausser Acht lassen, dass auch in der Gegenwart die breitschichtig zonale Vertheilung der

Landthiere und Pflanzen durch die Form der Länder und des Landes, durch Wind, Feuchtigkeitsgehalt der Luft und Niederschläge so stark beeinflusst wird, dass die geographischen Provinzen, die man glaubt unterscheiden zu können, oft mehr Sectoren gleichen, welche von der Küstenlinie eines Continentes gegen das Innere vordringen und dass die Meere einer eigentlich zonalen Gliederung entbehren. Das Heruntergreifen echt alpinen Juras bis zu den bolivianischen Anden ist in der letzten Zeit festgestellt; man hat in dieser auffallenden Thatsache nicht gerade eine Widerlegung der Neumayr-schen Theorie zu erblicken, aber doch eine jener Unregelmässigkeiten, welche durch die gewichtigen anderen Factoren der Verbreitung auf die klimatischen Zonen ausgeübt wird, die sich etwa allein unter dem Einfluss der Sonnenbestrahlung herausbilden würden.

Eine eingehendere Betrachtung des Jura-Systems schliesst sich am besten jener Dreitheilung an, die L. v. Buch in Schwaben erkannte. Nach den Farben der dort vorherrschenden Gesteine belegte er die Hauptabschnitte mit den Namen des schwarzen, braunen und weissen Jura. Schwarz sind die Thone und thonigen Kalke der unteren Stufe, braun die Eisenerze der mittleren, weiss die oberjurassischen Kalke, die von dem Absturze der rauhen Alb weit ins Land hinaus leuchten. Trotzdem in anderen Ländern diese petrographischen Charactere nicht immer wiederkehren und nur der weisse Jura, wie es scheint auf der ganzen Erde, durch die Entwickelung heller Kalke und Dolomite ausgezeichnet ist, sind diese Namen durch die Geschichte der Wissenschaft in Deutschland wenigstens fest eingebürgert. Andere Bezeichnungen derselben Abschnitte sind aus dem Vocabularium der englischen Steinbruchsarbeiter entlehnt: Lias, Dogger, Malm. Jedoch schieden die englischen Geologen eigentlich nur zwei Abschnitte, den Lias und die Oolithformation, welche letztere sowohl den braunen wie den weissen Jura umfasste.

Der Lias oder schwarze Jura. Es wurde mehrfach betont, wenn auch nicht näher ausgeführt, dass in dem letzten Abschnitte der Triaszeit das Meer sich in Europa wieder weit ausgebreitet hatte und viele Barrièren überschwemmt wurden, welche vorher zur Isolirung mancher Meerestheile beigetragen hatten. Ganz entsprechend diesem Vorgange verwischten sich zur rhätischen Zeit auch viele faunistische Eigenthümlichkeiten und überall erscheint das Thierleben wie auf einen gleichmässigen Grundton projicirt. Das gilt nicht allein für Europa, sondern auch für entfernte Gegenden, obwohl unsere Kenntniss in diesem Punkte sehr lückenhaft ist. Die sog. Kössener Schichten der Alpen sind mit ganz ähnlicher Fauna bei Balia im alten

Mysien und sogar im Himalaya wiedergefunden, hier neben einer Facies, die an die rhätischen Dachsteinkalke erinnert.

Wo dem Rhät liassische Schichten unmittelbar aufgelagert sind, kann eine scharfe Grenze der Formationen so schwer gezogen werden, dass man glaubte, durch Aufstellung einer besonderen Infra-Lias-Stufe dieser nahen Beziehung gerecht werden zu sollen. Die Unfruchtbarkeit solcher Debatten hat Neumayr scharf hervorgehoben. Kein Geologe leugnet die Continuität der Entwickelung. Das Verhältniss zwischen Land und Meer ändert sich nur innerhalb bestimmter Grenzen, und in einem oceanischen Gebiete giebt es immer Gegenden, die durch enorme Zeiten hindurch von annähernd gleich tiefen Wassermassen bedeckt gehalten werden, wo also weder die Sedimente noch die Thierwelt in ihren Characteren rasch, sprungweise wechseln werden. Um den Stoff zu beherrschen, sind Theilungen erforderlich; mögen diese in vielen Ländern mit natürlichen Theilstrichen zusammenfallen, die sich im Wechsel der Gesteinsbeschaffenheit, der Lagerung oder der eingeschlossenen Fauna zeigen, so wird es doch immer Gebiete geben, wo dies nicht zutrifft. Die Grenze muss aber aus formalen Rücksichten festgehalten werden und ist unter Berücksichtigung der historischen Entwickelung unserer Wissenschaft zu ziehen.

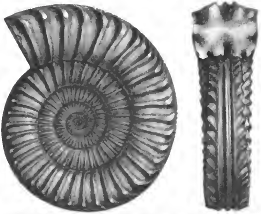


Fig. 74. Ammonites (Arietites) bisulcatus Bruguière. Leitende Art des untern oder Arietenlias. (Nach D'Orbigny.)

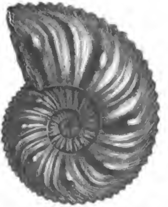


Fig. 75. Ammonites margaritatus d'Orb. Leitende Art des mittleren Lias. (Nach D'Orbigny.)

Demnach lassen wir den Lias mit jenen Meeresablagerungen beginnen, welche, wie verschieden auch das Gestein sein mag, fast überall an der

characteristischen Form des Ammonites (Psiloceras) psilonotus und seiner Verwandten erkannt werden können und die Psilonoten-Schichten genannt sind. Die Gliederung der Juraformation ist fast ganz auf das Vorkommen bestimmter Ammoniten basirt, die als pelagische Schwimmer eine ausserordentliche Verbreitungsfähigkeit besassen, bald hier, bald dort auftauchten und selbst in Sedimente ganz localen Ursprunges eingeschwemmt wurden, die anderen Falls nur schwer mit den gleichaltrigen anderer Gegenden in Parallele zu bringen sein würden. Dabei waren die einzelnen Arten von geologisch kurzer Lebensdauer und sehr viele sind auf jene kleinsten stratigraphischen Abschnitte beschränkt, die man als Zone zu bezeichnen pflegt; andere, welche nicht an die Grenzen der Zone gebunden sind, erreichten doch innerhalb derselben das Maximum ihrer Verbreitung und ihrer Individuenzahl, so dass wenigstens ihr Auftreten in grösserer Masse immer noch einen sicheren Anhalt für eine genaue Zeitbestimmung gewährt (Fig. 74 u. 75).

Die einzelnen Zonen können hier nicht im Einzelnen durchgesprochen werden. Abgesehen von den Wandelungen der Cephalopoden verändert sich der Habitus der Faunen nur langsam und selbst der Abstand zwischen liassischer und oberjurassischer Thierwelt ist nicht so stark, dass man sehr markante Verschiebungen zu verzeichnen vermöchte. Wir werden daher die gesammte Thier- und Pflanzenwelt des Jura im Zusammenhange besprechen, dagegen hier in erster Linie versuchen, uns ein Bild der Vertheilung der liassischen Sedimente zu verschaffen. Als Beispiel der Zonen-Eintheilung fügen wir eine Uebersicht über den schwäbischen, norddeutschen und englischen Lias hier ein (siehe n. S.).

Wie man sieht, correspondiren die weit entfernten Schichten Schwabens und Englands in ganz auffallender Weise, und auch in Norddeutschland, wo man durch die gleichmässige petrographische Ausbildung oft gezwungen ist, mehrere Zonen in einen grösseren Complex zusammenzufassen, lässt genaues eingehenderes Studium der Localitäten meist die palaeontologische Zonengliederung in gleicher Weise erkennen. Quenstedt theilt den Lias, ebenso die beiden höheren Stufen des Jura, je in 6 Schichten, die er mit den Buchstaben des griechischen Alphabets benannte; so sind sie nicht allein jedem Fachgenossen, sondern auch jedem Sammler der schwäbischen Lande geläufig, ja es kann einem begegnen, dass ein einfacher Bauer ganz sicher die Stellen seines Ackers angiebt, die über Lias α oder Lias β liegen. Quenstedt's unermüdliche Liebe zu seinem Berufe, seine originelle Manier, Interesse zu erwecken, hat Geologie und Palaeontologie dort im wahrsten Sinne des Wortes zu einer populären Wissenschaft gemacht. Man fasst

wiederum α und β als unteren, γ und δ als mittleren, ε und ζ als oberen Lias zusammen. Der obere Lias mit seinen Schiefern voll kleiner zweischaliger Muscheln (Posidonia Bronni) und plattgedrückter Ammonitengehäuse, mit seinem häufig starken Gehalt an Bitumen, das von der Masse zersetzter Thierleiber herrührt, und den linsenförmigen Kalkeinlagerungen mit wohl erhaltenen Ammoniten ist ein besonders leicht kenntlicher und

	Schwaben		Norddeutschland		England	
ζ	Mergel mit Ammonites (Lytoceras) jurensis		Mergel mit Amm. (Lytoceras) jurensis		Mergel mit Amm. (Lytoceras) jurensis	Inferior-Oolite
ε	Schiefer mit Posidonia Bronni und, besonders in den Kalkbänken, vielen Ammoniten der Gattung Harpoceras		Schiefer mit Posid. Bronni	Kalkbänke Zone des Harpoceras radians (= striatulus) Zone d. H. borealis	Schiefer mit Posid. Bronni	Kalkbänke Zone des H. bifrons Zone des H. serpentinus
δ	Amaltheus-Thone	Zone des Am. (Amaltheus) spinatus Zone des Am. (Amaltheus) margaritatus	Thone mit Amm. (Amaltheus) margaritatus		Zone des A. (Amaltheus) spinatus Zone des A. (Amaltheus) margaritatus	
γ	Mergel mit Waldheimia numismalis	Zone des A. (Aegoceras) Davoei Zone des A. ibex „ „ A. Jamesoni	Thone oder Schieferthone mit Amm. (Aegoceras) capricornu Eisenstein mit A. Jamesoni		Zone des A. capricornu „ „ „ ibex „ „ „ Jamesoni	
β	Thone mit Amm. Turneri	Zone des A. (Ophioceras) raricostatus Zone des A. (Amaltheus) oxynotus Zone des A. (Arietites) obtusus	Eisensteine mit A. brevispina Thone mit A. planicosta		Zone des A. raricostatus „ „ „ oxynotus „ „ „ obtusus	
α	Arietenkalk (Gryphitenkalk) Angulatensandstein Psilonotenschichten	Zone des Pentacrinus tuberculatus Zone des A. (Arietites) Bucklandi Zone des A. (Schlotheimia) angulatus Zone d. A. (Psiloceras) planorbis (= psilonotus)	Arieten-Schichten Angulaten-Schichten Psilonoten-Schichten		Zone des A. semicostatus Zone des A. Bucklandi „ „ A. angulatus „ „ A. planorbis (= psilonotus).	

weithin verfolgter Horizont. In ihm liegen in Schwaben die unzähligen Skelette der grossen Fischechsen und Krokodiliden, die seit langer Zeit die Aufmerksamkeit auf sich gezogen haben. Der mittlere Lias besteht meist aus thonigen Ablagerungen, in Norddeutschland, und zwar in den Horizonten des Ammonites Jamesoni und brevispina, nicht selten aus dichten Eisensteinen, die ähnlich auch in den tieferen Arietenschichten sich entfalten und an manchen Orten bergmännisch ausgebeutet werden.

Süddeutsche, nordwestdeutsche und englische Entwickelung differiren nur sehr wenig; wer die Versteinerungen der einen Gegend genau kennt, wird sich auch in der anderen leicht über das Niveau einer Schicht orientiren; dasselbe kann man von der ganzen mitteleuropäischen Liaszone sagen, und selbst am Kaukasus und in Japan bleibt der Typus der gleiche. Andere Verhältnisse beherrschten offenbar die Gesteinsbildung und die Faunen des mediterranen Liasmeeres; ein rascher Wechsel der Meerestiefen, starke Strömungen, welche hier den Boden fegten, so dass ein Absatz von Sinkstoffen nicht erfolgen konnte, dort umgekehrt zur Anhäufung von Sediment und von Thierresten führten, üppiges Thierleben gegenüber dem häufig artenarmen des deutschen Lias lieferten Umrahmungen zu dem Bilde einer ihrer ganzen mannichfaltigen Wesenheit nach abweichenden Fauna. Wenn die rothen Ammonitenkalke Tirols in den stillen Tiefen des Meeres langsam emporgewachsen sind, so scheinen die körnigen, oft ganz aus neben- und ineinander gepressten Brachiopoden und Gastropoden bestehenden Hierlatzkalke, ähnlich den jüngeren, von zahllosen Deckeln der Ammonitenschalen erfüllten Aptychenschichten, von Strömungen in einzelnen Buchten zusammengeschwemmt zu sein, während an den Ufern grosser Inseln, wie der böhmischen Masse oder des Balkangebietes, mit dem Wasser der Ströme auch Landpflanzen den Küstensedimenten beigemischt wurden. Man weiss jetzt, dass der so verschiedene Habitus dieser alpinen Vorkommnisse nicht der Ausdruck zeitlicher Abstufungen, sondern physikalischer Einwirkungen ist, die nach Localitäten verschieden auftraten, aber oft längere Zeit hindurch anhielten. Es war um so schwerer, ihnen ihren richtigen Platz in der geologischen Scala anzuweisen, als nirgends ein grösseres, zusammenhängendes Profil bekannt ist, und während mancher Zeitabschnitte Sedimente überhaupt nicht zur Ablagerung kamen, sei es, dass Strömungen, die bis zum Boden des Meeres hinunter reichten, hindernd auftraten, sei es, dass in Folge stärkerer Vertiefung der Meere der Kalkschlamm vorwiegend gelöst wurde, sei es endlich, dass in diesem Gebiete, das schon in früheren Zeiten sich als inselreich erkennen liess und in welchem die Riffbildner der Trias gewaltige Bergklötze aufgebaut hatten, das Verhältniss zwischen Land und Meer sich öfter verschob. Obwohl nun der mitteleuropäische Lias dem mediterran-alpinen gegenüber grössere Gleichmässigkeit, faunistisch wie stratigraphisch, zeigt, steht er doch in deutlich erkennbarer Abhängigkeit zu jenem Mittelmeer, von dem der alpine Theil nur gleichsam den nördlichen Saum bildet. Mehr als einmal entsandte die mediterrane Fauna Colonisten nach Norden, und die Ammoniten, welche sich in den tiefsten Stufen des mitteleuropäischen Lias so

gesetzmässig und präcise ablösen, die Psilonoten, Angulaten und Arieten, liegen in den Ammonitenschichten der Alpen zusammen als Angehörige einer alten, gleichzeitigen Fauna. So löst sich freilich das Problem, warum in diesen eng begrenzten Zonen, die stratigraphisch ohne jede Unterbrechung aufeinander lagern, die Ammoniten nicht in genetischer Folge, sondern in scharfem Wechsel der Formen auftreten, indem uns gelehrt wird, dass es Immigrantenzüge aus den südlichen Gewässern waren, aber es entstehen die neuen Fragen, welche Impulse diese periodischen Wanderungen veranlassten und wie es kam, dass nach kurzer Blüthe die Colonisten wieder verschwanden. Jene ist wohl kaum jemals zu beantworten. Die andere Erscheinung mag damit zusammenhängen, dass die Existenzbedingungen in beiden Provinzen so verschieden waren, dass bei noch so starkem Austausch oder der Möglichkeit zu solchem doch nur relativ wenige Arten im Stande waren, ohne starke Erschütterung ihrer Organisation dauernd aus der einen in die andere überzusiedeln. Quer durch Europa verlief während der ganzen Jurazeit und noch zur Zeit der unteren und mittleren Kreide eine Grenze, die sich auch in zusammenhängenden Meerestheilen in dem Habitus der Faunen zu erkennen giebt und die Neumayr als klimatische, zwischen einer nördlichen gemässigten und einer südlichen äquatorialen Zone, auffasste. Jener gehörten der Jura des nördlichen Portugal, des nordwestlichen Spanien, aller Länder Mitteleuropas nördlich der Alpen, Russisch-Polen und das südlichste Russland an. Ihre Fortsetzung taucht am Nordfuss des Kaukasus, am kaspischen Meere (und in Syrien!) wieder auf, ihr reiht sich auch der Jura von Japan und der Sierra Nevada an. Die alpine Ausbildung des Jura ist in viel grösserer Ausdehnung bekannt. Sie umfasst das Mittelmeergebiet Europas, Algerien, Tunis, den inneren Kaukasus und Kleinasien, und die Jurafunde an der Küste des äquatorialen Afrika, in Amerika und Asien zeigen, dass hier überall derselbe Typus herrschte. Sehr characteristisch ist die Häufigkeit der Ammoniten-Gattungen Phylloceras (Fig. 77), Lytoceras, Simoceras und Haploceras, besonders in den oberen Horizonten; für die mitteleuropäische Entwickelung sind wiederum Oppelia, Peltoceras (Fig. 76) und Belemniten aus der Gruppe des B. canaliculatus von Bedeutung. Alle diese Thiere lebten pelagisch, konnten sich leicht verbreiten, und gerade deshalb ist diese Vertheilung, die äquatorial um die Erde geht, meridional sich in relativ engen Grenzen hält, eine wichtige Stütze für Neumayr's Ansichten. In ihrer ganzen Stärke erhellt diese Erscheinung freilich weniger aus einem Vergleich der liassischen, als besonders der höheren Jura-Faunen; dennoch ist sie auch im Lias nachweisbar und musste deswegen von vornherein berührt werden.

Der Dogger oder braune Jura. Die höchsten liassischen und die untersten Schichten des braunen Jura sind schwer auseinander zu halten in der mitteleuropäischen Provinz; den Jurensis-Mergeln schliesst sich mit ähnlichen Gesteinen die Zone der Trigonia navis an, einer hübsch gestalteten Art jener im Jura und in der Kreide so weit verbreiteten und gestaltenreichen Bivalven-Gattung, deren letzte Vertreter jetzt an den Küsten von Neuhollaud leben. Mehrere Arten, selbst Ammoniten, passiren die Grenze, aber dann ändert sich das Thierleben rascher. Die bekanntesten Ammonitengeschlechter des Lias sind ausgestorben oder in allmählicher Wandelung zu abweichender Form gelangt, andere, deren erste Vertreter im oberen Lias auftauchten, blühen an ihrer Stelle rasch auf und differenziren sich in viele genetische Zweige. So entstehen aus den ersten rundrückigen Arten mit gegabelten Rippen, die im Posidonienschiefer neben den sichelrippigen Harpoceren sich finden, die wichtigsten Ammouitengeschlechter des oberen Jura, Perisphinctes, Stephanoceras, Macrocephalites und viele andere, mit ihren Hunderten von Arten, deren Erwähnung zu weit führen würde. Nachstehend geben wir, wie oben über den Lias, eine gedrängte Uebersicht über die Zonen des braunen Jura (siehe n. S.).

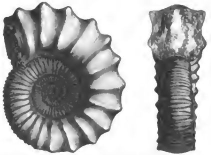


Fig. 76. Ammonites (Peltoceras) Athleta Rein. Characteristische Form des oberen Jura der mitteleuropäischen Provinz. (Nach D'Orbigny.)



Fig. 77. Ammonites (Phylloceras) mediterraneus (nach Haug). Characteristische Form des oberen Jura der mediterranen Provinz.

Die Scheidung zwischen süddeutscher und norddeutscher Entwickelung ist nicht so scharf, als es nach dieser Tabelle scheinen möchte, jedoch ist man in Norddeutschland selten in der Lage, die Zoneu so ins Detail verfolgen zu können und begnügt sich mit grösseren Abschnitten, welche im

Ganzen eine petrographische und faunistische Einheit bilden. Die englische Eintheilung ist nur in den grössten Zügen gegeben; auch hier kehren dieselben Ammoniten in denselben Niveaus wieder und lassen eine eingehende Parallelisirung mit dem continentalen Dogger zu. Zwischen englischem und nordfranzösischem Dogger ist kein Unterschied vorhanden und in beiden Ländern herrscht die eigenthümliche Oolithbildung, welche zur Benennung der ganzen Formation Anlass gegeben hat, bei uns aber zurücktritt. Die Oolithe bilden auch faunistisch den Kern der Formation, während durch die Kellowayrocks und unsere Ornatenschichten die Grenze gegen den weissen Jura ebenso verschwimmt, wie nach dem Lias hin durch die Zwischenschichten

	Schwaben		Norddeutschland	England	
ζ	Ornatenthone	Zone der A. athleta Zone der A. anceps	Ornaten-Thone	Oxford Clay	
ε		Z. des A. macrocephalus	Macrocephalenschichten	Kelloway	
		Zone des Terebratula lagenalis	Schichten der Pseudomonotis echinata	Cornbrash	
		Zone des Terebratula digona	Schichten der Ostrea Knorri	Bath, Great Oolite (Forest marble) Fuller's Earth	
	Parkinsonithone	Zone des A. Parkinsoni	Parkinsoni-Thone	Parkinsoni-Zone	
δ	Coronaten-Schichten Ostreen-Kalke Giganteus-Thone	Zone des A. Humphriesianus	Schichten mit coronaten Ammoniten (hfg. Eisensteine) Thone mit Belemnites giganteus vorwiegend	Humphriesianus-Zone	Inferior Oolite.
γ	Blaue Kalke	Zone des A. Sowerbyi und Sauzei		Sowerbyi-Zone	
β	Sandsteine und Eisenerze	Zone des A. Murchisonae	Schichten mit Inoceramus polyplocus	Murchisonae-Zone	
α	Opalinus-Thone	Zone d. Trigonia navis Zone des A. torulosus	Schichten d. Trigonia navis (resp. des A. opalinus)	Opalinus-Zone	

der Harpoceras-Horizonte. Die Fundorte der Normandie und Englands sind unerschöpflich und die Versteinerungen auch durch ihre Erhaltung ausgezeichnet; neben den prächtigen Ammoniten der Gattungen Stephanoceras (Fig. 78), Parkinsonia, Oppelia u. a., neben der Fülle von Gastropoden und Zweischalern stellen sich auch Korallen (unter ihnen echte Riffbildner) und Seeigel zahlreich ein, die in der Trias zu den selteneren Vorkommnissen gehören. Eine eigenartige Einschaltung bilden die Stonesfield-Slates, die nach ihren Einschlüssen sich jedenfalls in verhältnissmässig seichtem Wasser gebildet haben. Sie enthalten nicht allein zahlreiche Pflanzen, auch Insecten, sondern sind auch das Lager jener berühmten Säugethierreste, die Owen beschrieben hat. Die litorale Natur des Gesteins geht auch aus der petrographischen Beschaffen-

heit hervor; zuweilen sind ihm Geschiebe eingemengt, die man von dem umhüllenden Gestein kaum unterscheiden kann, die während seiner Bildung von den Meereswellen losgerissen und wieder im gleichen Gestein begraben sind. Das ist eine Erscheinung, die man am Meeresstrande, wo thonige Schichten den Grund bedecken, öfter beobachten kann, und die sich vielfach in den Formationen wiederholt, die in der Nähe des Strandes gebildet wurden. So sind den transgredirenden Schichten des Hilsthones, der am Hils selbst die Schichten des oberen weissen Jura überlagert, vielfach festere Knollen desselben Materials, gespickt mit neocomen Versteinerungen, eingelagert, von Kopfgrösse bis zum kleinsten Rollstück herab; dasselbe sieht man in den mittelliassischen Schichten bei Diebrock, wo diese festeren Knollen von dem darüber weggegangenen Inlandeise zuweilen geschrammt sind, wie die Septarien des Mitteloligocäns, und dasselbe beobachtete Denckmann an den Jurensismergeln bei Dörnthen. Je weiter man sich von der wahrscheinlichen Juraküste entfernt, desto mehr verwischt sich dieser Character der Stonesfield Slates; in Northamptonshire werden sie ausgesprochen marin, obwohl immer noch Pflanzen häufig eingeschwemmt sind. In Yorkshire und Brora beutet man Kohlenflötze (bei Brora über 3 Fuss mächtig) aus, deren Gleichaltrigkeit mit den Stonesfield Slates allerdings nicht ganz sicher ist, und die Schichten von Scarborough mit ihrer reichen Flora, den aufrecht begrabenen Schachtelhalmen, den Flussmuscheln und Muschelkrebsen (Estheria) werden geradezu als Ablagerungen in der Mündung eines jurassischen Flusses gedeutet. Die Nähe der Küste verräth sich auch in anderen Schichten des englischen Jura; auf den Sandsteinen des Forestmarble von Wiltshire haben die kurzen, interferirenden Grundwellen die als Ripplemarks bekannten Spuren hinterlassen, und zertrümmerte Muscheln und Treibholz erfüllen oft ganze Bänke. In den Dachplatten des Ooliths von Bradford findet man die Fährten kleiner Strandbewohner, und auch die plötzliche Einbettung des Encrinitenwaldes des Bradford-Clays deutet auf den Einfluss der Küste,

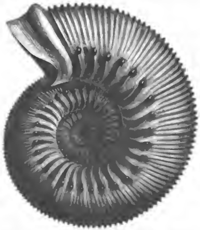


Fig. 78. Ammonites (Stephanoceras) Humphriesianus Sow. Leitende Art für die Coronatenschichten. Aus dem Unteroolith von Bayeux. (Nach D'Orbigny.)

von welcher mächtige Schlammmassen herabgeführt wurden. Die Apiocriniten wurzelten dort auf dem festen Kalke des Forestmarble, den sie ganz mit ihren Wurzeln überzogen haben und wo sie viele Generationen erzeugten, bis der plötzliche Andrang des schlammerfüllten Wassers sie erstickte. Rascher Wechsel der Gesteinsbeschaffenheit, Deltaschichtung, Geschiebe, gerollte Muscheln, Korallen und Hölzer sind auch im Great Oolite beobachtet und deuten die geringe Tiefe des Meeres an; die Oolithstructur selbst ist immer ein Anzeichen naher Küsten oder Riffe und Inseln, deren festes Gestein die Brandungswellen zertrümmern konnten, wo auf dem grobkörnigen Strande die hin- und herziehende Strömung Steine und Thierreste abrundete und zerkleinerte. Der Lias von Gloucestershire, viele Erscheinungen im weissen Jura, die wir noch kennen lernen werden, drängen zu demselben Schlusse, dass ein grosser Theil der alten Formationen, welche jetzt in Nordfrankreich und England zu Tage liegen, schon zur Jurazeit aus dem Meere ragten, dass eine Inselreihe sich von der Bretagne bis Skandinavien spannte. Auch in Deutschland gab es grössere und kleinere Inseln, in deren Nähe die petrographische Beschaffenheit der Ablagerungen sich characteristisch ändert, aber es lag das Meer hier doch weit offener und stand in breiter Verbindung mit dem Mittelmeere. Die eigentlich alpine Region ist so arm an Ablagerungen mitteljurassischen Alters, die fast nur den tiefen Zonen angehören, dass sie wahrscheinlich während dieser Zeit zum grössten Theil als Insel angesehen werden muss.

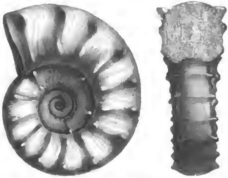


Fig. 79. Ammonites (Aspidoceras) perarmatus. Leitende Art des untersten weissen Jura. (Nach D'Orbigny.)

Der Malm oder weisse Jura. Die in der obenstehenden Tabelle noch zum braunen Jura gerechneten Kellowayschichten und die deutschen Ornatenthone leiten uns zum weissen Jura über, den wir in Norddeutschland mit den sog. Heersumerschichten oder der Zone des Am. perarmatus beginnen lassen (Fig. 79). Mit ihr setzt auch die Bildung weisser Kalke ein, welche diesem Horizonte trotz mancher gemeinsamer Arten den Ornatenthonen gegenüber eine gewisse Selbständigkeit sichert, die wenigstens in Nordwest-

deutschland für die Entscheidung, wo die Grenze zu ziehen sei, von Gewicht ist. Wir lassen auch hier wieder eine kurze Übersicht folgen:

	Schwaben		Norddeutschland	England
ζ	Krebsscheerenkalke und Solenhofener Schiefer	Zone des Am. lithographicus	Eimbeckhausener Plattenkalk	Portlandstone
			Schichten mit Amm. gigas	Portlandsand
ε	Korallenkalk von Nattheim	Zone des A. eudoxus	Schichten m. Exogyra virgula	Upper } Kimmeridge Clay
			„ „ Pterocera Oceani	Middle } Kimmeridge Clay
γ	Scyphienkalke	Zone des A. tenuilobatus	Schicht. m. Terebratula humeralis	Lower } Kimmeridge Clay
β	Zone des A. bimammatus		Korallenoolith: Schichten der Nerinea visurgis	Upper Calcareous-Grit
			Korallenoolith: Schichten der Ostrea rastellaris	
			Korallenoolith: Schichten der Phasianella striata	Coral Rag.
α	Impressa-Mergel	Zone des A. transversarius; Zone des A. perarmatus	Heersumer Sch. mit A. perarmatus	Lower Calcareous-Grit.

Schon die Bezeichnung der für die einzelnen Schichten gewählten Leitfossilien lässt den Unterschied zwischen Süd- und Norddeutschland hervortreten. Während im Lias fast absolute Uebereinstimmung herrscht, im braunen Jura zwar Differenzen vorhanden sind, die aber die Congruenz der Eintheilungen noch nicht im Wesentlichen beeinträchtigen, steigern sich diese im weissen Jura in auffallender Weise. Durch Struckmann's Arbeiten wissen wir zwar, dass ein ganze Reihe Arten, die als ausschliesslich süddeutsch galten, bis in die Gegend des heutigen Hannovers sich verbreitet haben, aber die Thatsache eines markirten Unterschiedes im Thierleben bleibt bestehen. Sie liegt vor allem darin, dass über den Schichten an der Basis des Systems, welche durch Ammonites perarmatus u. a. als Oxford characterisirt werden, die Ammoniten und Belemniten fast gar nicht mehr gefunden werden, und, eine vorübergehende Invasion zur Portlandzeit (Zone des A. gigas) abgerechnet, auch erst mit der unteren Kreide und in Arten erscheinen, die ausser Zusammenhanges mit den früheren Bewohnern dieser Meere stehen. In Süddeutschland ist, wie im alpinen Gebiete, eine Gliederung nach dem Auftreten und Erlöschen der Ammonitenarten noch möglich, ja dieselben lebten zur Zeit des oberen Jura dort in erstaunlichen

Massen, in Norddentschland fehlten sie und viele andere wichtige Formen, so dass eine Parallelisirung der Zonen grosse Schwierigkeiten macht. Eine triftige Erklärung der Erscheinung ist schwer; die Ausbildung der Schichten ist bis zum Portland hinauf eine marine, und dort, wo die Aussüssung des Meeres sich zuerst bemerklich macht, erscheinen plötzlich die Ammoniten wieder in grossen Mengen. Erst noch später trat jener gewaltige Rückzug des Meeres ein, in Folge dessen sich in Norddeutschland und England grosse isolirte Binnenseen an Stelle des offenen Meeres bildeten. Wir haben Korallenriffe in Norddeutschland noch bis in das untere Kimmeridge, und wenn auch das Meer seicht war, der Strand nicht weit entfernt gelegen haben kann, wie die Reste von Dinosauriern und Schildkröten beweisen, so war doch noch kein Zustand geschaffen, welcher die Existenz von Ammoniten unmöglich gemacht hätte. Nautilus wurde noch im mittleren Kimmeridge gefunden. Trotz der Verbindung, die nachgewiesenermassen aus dem norddeutschen Meere nach Süden gereicht hat, ist ein Nachströmen neuer Ammonitengattungen, als die alten Geschlechter mit dem Oxford erloschen, nicht erfolgt.

Das süddeutsche Meer stand offenbar mit dem grösseren alpinen in vielfacher und directer Beziehung und erhielt von dort stets neuen Zuwachs seiner Fauna, das nördlich bis England ausgedehnte war ein seichtes und nach vielen Seiten durch Inselmassen vom Verkehr abgesperrtes Gebiet. Trotzdem sind in England Cephalopoden bis zum Purbeck hinauf häufig, während sie in Norddeutschland fehlen.

Ueberall wurden vorwiegend Kalke gebildet; manche sind reine Agglomerate kalkiger Muschelschalen, andere rühren von riffbildenden Korallen her, die in dieser Zeit mächtige Bauten aufführten, oder bestehen aus den umgelagerten Zertrümmerungsproducten der Riffe, noch andere scheinen unmittelbar als Kalkschlamm vom Meere abgelagert zu sein. Das Wasser der Flüsse führt beständig grosse Mengen gelösten Kalkes in das Meer, aber die in der Hochsee geschöpften Wasserproben enthalten einen viel geringeren Procentsatz Kalk, als man hiernach annehmen sollte. Das in den Küstenzonen concentrirte thierische Leben bedarf zur Production der Skelettelemente, Schalen und anderer Hartgebilde beständiger Zufuhr von Kalk. Es entnimmt ihn dem von den Flüssen gespeisten Meereswasser, es lässt den Kalk gar nicht über diese Uferzone hinaus und speichert ihn hier auch für einen kommenden Kreislauf wieder an, indem aus den zu Boden sinkenden Hartgebilden der todten Leiber sich allmählich neue Gesteine ansammeln. Die grossen Meerestiefen bleiben von diesem Kreislauf fast unberührt, und

was hier die kleinen Foraminiferen, Echinodermen etc. an Kalk gebrauchen, geht nach ihrem Tode unter dem Einfluss des in der Tiefe stärker kohlensäurehaltigen Wassers zum grossen Theil wieder in Lösung, sodass die Absätze hier nur unbedeutende Mächtigkeit erlangen. Direct chemischer Niederschlag könnte nur unter localen Umständen eintreten. Dagegen wird mechanisch suspendirter Kalkschlamm in sehr ruhigen Gewässern sich absetzen können. So hat man sich die Entstehung der bekannten Solenhofener Schiefer und ihnen gleichartigen Sedimente zu denken, die durch ihre Benutzung als lithographische Steine in der ganzen Welt berühmt sind. Zur Zeit des obersten weissen Jura zog sich auch in Schwaben das Meer gegen die alpine Region zurück; die weiten Flächen des bisherigen Meeresbodens wurden trocken gelegt, nur in einzelnen Buchten blieb es noch zurück, kaum in Verbindung mit dem Meere, ruhig, abgeschlossen, von den Flüssen der aufgetauchten Kalkgebirge gespeist und allmählich von ihrem Schlamm erfüllt. Dieses feine und zugleich fest-plastische Material war für viele Sachen ein unübertreffliches Versteinerungsmittel und in keiner Formation ist das Bild der Fauna und Flora eines Ortes mit soviel Einzelheiten gefüllt. Wir sehen die Cypressenhaine der Ufer und die Fucuswiesen der flachen Buchten, die fliegenden Saurier und Vögel, die über die Wellen flattern, die Krokodiliden und Schildkröten, die sich auf dem Strande sonnen, Medusenschwärme, Krebse, Sepien, schmelzglänzende Fische und die Muschelboote der Ammoniten; Libellen, Käfer und Schmetterlinge, die der Landwind ins Wasser trieb, liegen neben zierlichen Schlangensternen und Comatuliden. Nur die Schnecken und die Zweischaler mit Ausnahme verkümmerter Austern und einiger anderer Formen fehlen fast durchaus, ebenso Korallen und gestielte Crinoiden.

Diese Ablagerungen, welche dem oberen Portland Englands zeitlich entsprechen, sind exceptioneller Natur. Viel häufiger trifft man im Norden wie im Süden auf die gewöhnlichen Kalksedimente der Küstenzone des Meeres, denen hier und da, aber durchaus nicht auf ein bestimmtes Niveau resp. auf eine bestimmte Zeit beschränkt, Korallenriffe oder Schwammkalke eingeschaltet sind. Die bekannten Asphaltkalke Norddeutschlands, die bei Hannover und Eschershausen im Grossen ausgebeutet werden und sich durch ihren Gehalt an Bitumen auszeichnen, sind ebenfalls kein bestimmter geologischer Horizont, sondern treten im mittleren und obereren Kimmeridge und im Niveau des Ammonites gigas auf, bilden aber unter den an der betreffenden Localität erhaltenen Schichten des eigentlichen weissen Jura die oberste, sodass die Imprägnation von der Oberfläche her sehr wahrscheinlich ist. Nach v. Strom-

beck haben die an Pflanzenstoffen und Fischresten überreichen Wealdenschichten das Material zur Entwickelung der naphtaartigen Stoffe geliefert. Auch der englische Oxford Clay, besonders aber der Kimmeridge Clay ist übrigens stark bituminös, doch scheint hier die Bildung dieses vermuthlich animalischen Stoffes innerhalb der Schichten selbst vor sich gegangen zu sein.

In Zeiten hoher Kohlenpreise hat man die „Kimmeridge Coal" sogar gebrannt, und 1826 geriethen die Schichten von Holworth Cliff, Ringstead Bay von selbst in Brand, und boten mehrere Jahre das fesselnde Schauspiel von Flammenausbrüchen, die bis Weymouth gesehen werden konnten.

Ueber dem Kimmeridge Clay folgt in England eine sandige Schicht, der Portlandsand, und dann der berühmte Portlandstone, aus dem die monumentalen Bauten Londons aufgeführt sind. Diese Schichten sind auf den Süden Englands beschränkt; das Meer nahm einen geringeren Raum ein als vorher. Bald wich es ganz nach Süden zurück, und über dem marinen Portlandstone setzten sich nunmehr Süsswasserschichten ab, mit denen die eigenthümliche Serie des Purbecks eingeleitet wird. Als die fortschreitende Hebung auch den Süsswassersee verdrängt hatte, siedelte sich auf der trockengelegten Fläche ein Wald von Coniferen, Cycadeen und Farnen an, dessen Spuren sich aus dem südlichen England bis zur französischen Küste verfolgen lassen.

Coniferenstämme von mehr als 20 Fuss Länge liegen gestürzt im Humus, mit anderen Pflanzenresten gemischt, wie vom Winde gefällte Bäume fast alle in einer Richtung niedergeschmettert; neben ihnen wurzeln ihre Stümpfe im Nährboden, und man kann noch erkennen, wo die Wurzeln ihren Weg in den unterlagernden, damals weichen Mergel gesucht haben. Gerölle von bedeutender Grösse erfüllen dieses „Dirtbed" und vervollständigen den Eindruck einer elementaren Zerstörung, wie durch den Ausbruch eines Wildwassers. Dicke, tonnenförmige Cycadeenstämme (Cycadoidea, Mantellia) werden häufig zwischen den Coniferen aufgedeckt; die Steinbrecher nennen sie „Crows-nests" und halten sie für Nester, die beim Sturz der Bäume zu Boden fielen. Fast alle sind verkieselt. Eine Mergelschicht, „Soft Burr", verhüllt dieses Bild gleichmässig, aber wo Baumstümpfe unter ihr vorhanden sind, geben runde Erhebungen und wellenartige Kreise die Stellen an; zuweilen durchragen die Stücken nicht allein das „Soft Burr" sondern auch noch den sog. „Aish", und bringen auf dessen Schichtflächen ganz analoge Erscheinungen hervor, ein Anzeichen, dass nicht allein die Zerstörung, sondern auch der Absatz der folgenden Gesteinsbänke relativ rasch erfolgte. Valvata,

Lymnaea, Cyclas, kleine Muschelkrebse u. a. characterisiren sie wie den Mergel der Basis als Bildungen süssen Wassers.

Spuren ähnlicher Waldschichten sind sowohl über als unter dem eigentlichen „Dirtbed“ bekannt, und berichten von wiederholten Schwankungen des Bodens; unter den 162 auf Portland wohl geschiedenen Schichten kommen auch brackische, selbst marine Sedimente mit Meeresmuscheln vor, sodass der Strand des Meeres nicht weit gelegen haben kann und Senkungen von geringem Betrage schon einen Einbruch des Meeres nach sich ziehen konnten. An der Durlston Bay, Dorset, werden 93 Schichten getrennt gehalten; auch hier herrscht ein beständiger Wechsel. Am berühmtesten ist jene dünne Mergellage geworden, in welcher Brodie und Beckles auf einer noch nicht 500 Yards im Quadrat haltenden Fläche 15 Geschlechter und 28 Arten von Säugethieren entdeckten, alle mehr oder weniger deutlich mit Characteren der Beutelthiere; sie bilden, trotz der Funde in den etwas jüngeren Atlantosaurusbeds von Amerika, noch immer die Basis für unsere Kenntniss dieser wichtigsten Thiergruppe während der mesozoischen Aera. Auch interessante Reptilien, unter ihnen Crocodiliden der Gattungen Goniopholis und Pholidosaurus, verdienen hervorgehoben zu werden.

In Nordwestdeutschland werden über den Schichten mit Ammonites gigas, die dem Portlandstone z. Th. entsprechen, die Anzeichen beginnender Aussüssung ebenfalls bemerklich. Der Meeresstrand zog sich nach Süden und brackische Seen, Aestuarien blieben zurück, die später mehr und mehr ausgesüsst wurden und als Binnenseen noch während des Beginnes der Kreidezeit vorhanden waren, zum Theil aber auch zu Salzlaken zusammendunsteten und die Ursache zur Bildung bedeutender Gypsstöcke wurden. So folgen auf die „Gigasschichten“ zunächst die brackischen Eimbeckhäusener Plattenkalke, so dünn geschichtet, dass sie unter dem Fuss knisternd zerspringen, die Mündener Mergel mit Gypsstöcken und versteinerungsleer, der Serpulit, zuweilen mit Thonen im Wechsel, und Purbeckkalke. Der Serpulit besteht in typischer Entwickelung fast nur aus den zusammengekitteten Röhren der Serpula coacervata, eines Röhrenwurms, und hat sein Gegenstück in einer Schicht des unteren Purbeck bei Meups Bay, die reich an derselben Art ist. Mehrere Arten von Gastropoden und Muscheln sind den Purbeckkalken beider Länder gemeinsam, auch die Reptilien scheinen übereinzustimmen, aber eine genauere Parallelisirung der einzelnen Schichten ist bei diesen Bildungen, die naturgemäss den Stempel localer Bedingungen tragen, nicht zu ermöglichen. Die vielfachen Oscillationen zwischen Süss- und Salzwasserbildungen sind in Deutschland unbekannt, es giebt hier keine

Dirtbeds, und noch niemals ist der Rest eines Säugethieres oder eines Insects gefunden. Der stärkere Einfluss des Meeres ist unverkennbar und zeigt sich auch darin, dass die Süsswasser liebenden Reptilien des englischen Purbecks bei uns erst zur Wealdenzeit in grösseren Mengen erscheinen, als auch hier das Meer fast gänzlich entschwunden war.

Im alpinen oder mediterranen Gebiete weist die Schichtenfolge des oberen Jura weder eine Lücke auf, noch stellen sich Anzeichen stärkerer Verflachung, oder Aussüssung ein. In hochmariner Entwickelung schliesst sie sich aufs engste der unteren Kreide an, und nicht einmal im Thierleben machen sich Rückschläge der Schwankuugen in der mitteleuropäischen Provinz bemerklich; kein Sprung in der Entwickelungsgeschichte, keine Discordanz der Faunen zeigt an, wo die Grenze der beiden grossen Formationen liegt. Thatsächlich existirt eine solche nicht, und wenn wir das alpine Tithon so weit nach unten und oben ausdehnen, bis wir über den Beginn echt jurassischer oder echt cretaceischer Sedimente nicht mehr im Zweifel sein können, so vereinigen wir in dieser einheitlichen Formation Schichten, deren Aequivalente anderwärts zweifellos in den höheren Gliedern schon zur Kreide gerechnet werden.

Durch die Bildung mächtiger Riff- und Klippenkalke erhalten die tithonischen Schichten wiederum ein ganz anderes Aussehen als dort, wo sie mehr in pelagischer Facies, mit reichlichen Ammoniten, ausgebildet sind.

Eine Hydrozoe, Ellipsactinia, deren knollenförmige Stöcke geradezu gesteinsbildend in den ungeschichteten Riffkalken des Tithons auftreten können, darf als wichtiges Leitfossil gelten. Man fand sie in Mähren, im Salzkammergut, in den Seealpen, im Apennin, in Calabrien, auf Capri, in Montenegro, im Peloponnes (Argolis) und am Gebel Ersass in Tunis. Aus ihrem Vorkommen darf mit Sicherheit auf die tithonische Ausbildung der Schichten geschlossen werden, und wenn sie auf Capri auch noch in die überlagernde, geschichtete untere Kreide mit Rudisten hineinreicht, so bleibt sie doch den höheren Rudistenhorizonten fremd. Daher ist auch, wie Steinmann hervorhebt, das Vorkommen der Ellipsactinia in den unteren Kalken der Argolis von Wichtigkeit, und lässt trotz der in demselben Kalkmassiv gefundenen Rudisten die Vermuthung, dass hier auch noch Tithon vertreten ist, begründet erscheinen. Die Rudisten sind schon in der unteren Kreide so formenreich, dass eine längere, vielleicht in das Tithon fallende Entwickelung vorhergegangen sein muss. Wenn man die Arten nicht bestimmen kann, welche den verschiedenen, zeitlich sich folgenden Rudistenfaunen eigen sind, so ist eine Schätzung des Alters der Schichten nur auf Grund des Rudistenvor-

kommens eine ganz approximative, und tritt dann ein so wichtiges Leitfossil wie Ellipsactinia dazu, so ist dieses das Ausschlag gebende. Die Frage ist nun, ob nicht auch das Obertithon, Ellipsactinienkalke und Stramberger Schichten, zeitlich schon dem Neocom zugeschlagen werden muss. Wie sich das Wealden untrennbar mit dem ausgesüssten obersten Portland und Purbeck verknüpft, wie die pelagische Wolgastufe von dem pelagischen Kimmeridge Russlands nicht geschieden ist und doch formell der Kreidezeit zugehört, deren Meere in anderen Gegenden schon die Absätze des Valenginien und „Hauterivien" hinterlassen hatten, so mögen auch die tithonischen Riffe die Kreidezeit gesehen haben, obwohl ihre Bevölkerung noch die Signatur des Jura trägt. Am empfindlichsten erweisen sich auch hier wieder die Cephalopoden, besonders die Ammoniten, deren neocomer Habitus von allen Forschern anerkannt wurde. Mehrere Gelehrte, so Hébert unter den älteren, Haug unter den jüngeren, stellen daher das Obertithon zum Neocom und nicht zum Malm. Wenn eine Formation alle Gesteine, die geologisch gleichzeitig gebildet sind, in sich vereinigen soll, so kann man auch kaum in Zweifel verfallen, dass dieses Verfahren das richtige ist, und wo die Thatsachen klar gelegt sind, nicht umgangen werden darf. Weder der Mangel an Transgressionen, welche die Schichten stratigraphisch schärfer theilen lassen, noch an Sprüngen der Fauna darf hier beirrend wirken, und wenn Pygope janitor aus dem Kimmeridge bis in die Zeit des Barrêmien sich erhalten hat, und ähnliche Beispiele sich zahlreich finden lassen, so beweist das nur, was jeder zugesteht, dass unsere Formationsgrenzen schematisch geführt werden, aber nicht, dass man von ihnen Abstand nehmen soll.

Haug hat aber auch durch seine Kritik der Fauna von Rovere di Velo im Oberveronesischen, der classischen Localität des „Titonico bianco", schlagend nachgewiesen, wie sich das südfranzösische Neocom aufs engste mit diesen Schichten, demnach aber auch mit dem Obertithon von Stramberg verknüpft. Ebenso eng ist andererseits der Zusammenhang des Untertithons, des Diphyakalks, mit den Schichten des Ammonites acanthicus — beide bilden im mediterranen Gebiete die obersten Schichten des Malms. Es kommt dazu, dass dieses unterste, dem Tithon verwandte Neocom zuweilen deutlich transgredirend auftritt, so dass die grosse Bewegung, welche den Beginn der Kreidezeit in so vielen Gegenden ausserhalb des engeren mediterranen Gebietes verkündet, auch hier angedeutet ist.

Eine ähnliche Bewegung, wenn auch schwerer zu übersehen, griff etwa in der Mitte der Jurazeit um sich.

Es ist lange bekannt, dass in Mitteleuropa der Lias ein viel geringeres

Areal einnimmt als der obere Jura, dass er schon bei Regensburg und Passau seine Ostgrenze erreicht und östlich von Cammin an der Ostseeküste auch durch Bohrungen im norddeutschen Gebiete nicht mehr nachgewiesen ist. Diese Thatsache ist aber nur ein Glied in einer Reihe von Erscheinungen, die, eng mit einander verbunden, uns zur Annahme eines erdgeschichtlichen Vorganges zwingen, wie er sich selten in dieser Ausdehnung wiederholt hat. In Russland sind versteinerungsreiche Juraschichten vom Eismeer bis zum schwarzen Meere und von Litthauen bis zum Kaspischen See bekannt, aber kein Lias. Wenn auch der Zusammenhang der topographischen Verbreitung durch die zerstörende Thätigkeit der Denudation zerrissen ist, so kann doch kein Geologe im Zweifel sein, dass er die Relicte eines Jurameeres vor sich hat, während die Liaszeit hier ein Festland sah. Jurassische Süsswasserbildungen durchziehen Sibirien vom Ostabhang des Ural bis zum Amur, unwidersprechliche Zeugen einer Festlandsperiode, die in die Lias- und Jurazeit fällt; einige wenige Punkte mariner Juraschichten sind überhaupt nur bekannt und sie gehören alle den höheren Horizonten an. Weder in Cutch, noch im Pundjab, den Fundorten reicher jurassischer Faunen, ist Lias nachgewiesen, nur im Himalaya hat Griesbach mittleren Lias entdeckt, während in China wiederum liassische Süsswasserschichten mit Kohlen weit verbreitet sind. Aus den zerstreuten und fragmentarischen Angaben, die uns bekannt sind, erwächst doch ein Bild von packender Wirkung; wir sehen einen gewaltigen Continent, ein liassisches Eurasien, und sehen dann die Strandlinien gegen das Innere vordringen, das Land zusammenschnüren, Meeresstrassen sich öffnen und den Continent von Süden bis Norden und nach Nordwesten zerspalten, so dass auf allen Seiten ein Ausströmen und Empfangen der provinziellen Faunen bemerklich wird. Welche Ursachen im Hintergrunde stehen, ob Senkungen und Hebungen der Lithosphäre, der festen Erdrinde, oder ob Verschiebungen der Hydrosphäre, wie dies von Neumayr und Suess angenommen wurde, darüber schon gegenwärtig ein festes oder gar abschliessendes Urtheil zu gewinnen, sind wir schwerlich in der Lage. Der angedeutete Vorgang, die Invasion der im Lias weit herausgetretenen Festlandsmassen durch das jurassische Meer, beruht ausserdem auf einer Combination mehrerer, zeitlich weit auseinanderliegender Phasen, und es muss noch näher festgestellt werden, ob die Richtung der Bewegung in allen Fällen eine gleichsinnige war. Wird zur Ergänzung des Bildes auch die vordringende Bewegung des untercretaceischen Meeres herangeholt, so muss stets berücksichtigt werden, dass sich in vielen Gegenden die Zeit des oberen Jura in einem bedeutenden Senken des Strandes ankündigt, während das untercretaceische Meer eine selbstän-

dige Transgression ausgeführt hat, die der jurassischen an Bedeutung nicht nachsteht. Wir können hier Suess' eigene Worte citiren: „Es ist überhaupt eine der gefährlichsten Quellen des Irrthums darin gelegen, dass man Strandlinien von verschiedenem Alter als zusammengehörige Erscheinungen vereinigt." Eine einzige palaeontologische Zone übertrifft wahrscheinlich die ganze Amplitude dessen, was wir Gegenwart nennen. Formationen wie die von Uitenhage in Südafrika, von Umtamfuna in Natal und an der Wolga in Russland differiren nicht nur um Zonen, sondern um Stufen, und doch haben sie die Farben zu dem Bilde einer einheitlichen Meeresverschiebung liefern müssen. Wenn man sich von der geologischen Zeitrechnung so weit emancipirt, dass man Phänomene, die sich auf zwei geologische Formationen vertheilen, einheitlich zusammenfasst, so liegt hierin fast ein Verzicht auf die allgemein kosmische Erklärung, die nur an zeitlich regulirte Gesetze anknüpfen kann, während Vorgänge in der Erdrinde selbst, Senkungen und Reflex-Hebungen, durch die Mannichfaltigkeit der mechanischen Bedingungen, denen sie unterliegen, trotz der ewig gleichmässigen Ursache, in Form und Dauer ihrer Erscheinung ungebunden sind. Von den Bewegungen, welche die Festlandsmassen selbständig ausführen, kann aber selbst die Theorie nicht absehen, welche in der Verschiebung der Strandlinien eine Aeusserung der schwankenden Hydrosphäre sieht, denn die Wege, in denen die Fluthen sich über die Continente ziehen, wechseln beständig.

Wir hatten oben die Ausbildung des Jura im mitteleuropäischen und im alpinen oder mediterranen Gebiete verfolgt, hatten die faunistischen Eigenthümlichkeiten beider hervorgehoben, hatten gesehen, dass sowohl die mediterrane wie die mitteleuropäische Provinz nur Theile grosser homozoischer Regionen sind, in denen nach Neumayr die Einflüsse zonaler Klimaunterschiede sich wiederspiegeln, und wenden uns nun zur Betrachtung jener dritten Form jurassischer Entwickelung, die Neumayr als Anzeichen einer borealen zoogeographischen resp. klimatischen Provinz auffasst.

In Innerrussland kennt man seit langer Zeit eine Schichtenfolge, welche vom Kelloway ohne Lücke zur unteren Kreide überleitet. Die flache, tafelförmige Lage der Gesteine bringt es mit sich, dass die höheren Horizonte der sog. Wolgastufe am weitesten sich verfolgen liessen, während die tieferen Stufen des Kelloway, Oxford und Kimmeridge verhältnissmässig seltener günstig aufgeschlossen sind; Lias und eigentlicher Dogger fehlen hier überall und erst mit dem Kelloway beginnt in diesem grossen Areale wieder die

Meeresbedeckung, die sich von Anfang an durch eine Thierwelt auszeichnet, welche erheblich von der mitteleuropäischen abweicht. Offenbar existirten aber nach dem mitteleuropäischen Gebicte hin Verbindungen, durch welche in den Grenzbezirken eine Mischfauna sich herausbilden konnte, deren versteinerte Reste jetzt wiederum über die Lage der alten Meeresstrassen wichtige Fingerzeige geben. Berücksichtigt man nicht allein das Vorhandensein oder Fehlen bestimmter Gattungen und Arten, sondern besonders den Grad der Entwickelung, ob sie häufig oder selten sind, ob sie zum Gepräge der Fauna beitragen oder unwesentliche Einsprenglinge sind, so zeichnet sich die innerrussische Region durch mehrere wichtige zoogeographische Eigenthümlichkeiten aus, welche die Annahmen Neumayr's über die Abgrenzung gegen die mitteleuropäische Provinz immer noch gerechtfertigt erscheinen lassen, trotz der Einwürfe, die besonders von Seiten des bekannten russischen Geologen Nikitins erhoben sind. Das massenhafte Auftreten der Gattung Cardioceras, der Gruppe des Perisphinctes mosquensis, des Belemnites excentricus und seiner Verwandten, fällt, trotz des gelegentlichen, zuweilen häufigen Vorkommens im Westen, ebenso schwer ins Gewicht, wie das völlige Fehlen der Gruppe des Belemnites hastatus, die Seltenheit von Oppelia, Aspidoceras und Peltoceras. Von Haploceras, Phylloceras, Lytoceras, den Charactertypen der alpinen Provinz, ist noch niemals ein Stück in Innerrussland gefunden. Dass die Riffkorallen sehr zurücktreten, kann seinen Grund in Facies-Unterschieden ebensowohl als wie in klimatischen haben, aber die Ammonitenfauna wird nach allen über diese Familie gemachten Erfahrungen in ihrem Entwickelungsgange nicht von der Facies beeinflusst. „Es ist die allbekannte Eigenschaft der jurassischen und cretaceischen Cephalopodenfaunen, dass die Faciesverhältnisse auf ihre Zusammensetzung ohne merkbaren Einfluss sind; wo die Verhältnisse ihrem Fortkommen ungünstig sind, fehlen die Ammoniten und Belemniten, oder sind sehr spärlich, aber eine qualitative Aenderung der Ammonitenfauna ist in Folge von Facieseinflüssen nicht bemerkbar.“ (Neumayr.)

Der abweichende Character der russischen Provinz steigert sich nach oben, bis er in den sog. Wolgaschichten sein Maximum erreicht. Wir werden die Eigenthümlichkeiten dieser Schichten in dem die untere Kreide behandelnden Abschnitte ausführlicher darstellen. Während eines Theiles jener Zeit war die Verbindung gegen Westen und Süden so gut wie aufgehoben, während um so schärfer der Einfluss eines Meeres hervortritt, dessen Spuren sich fast circumpolar verfolgen lassen. Es ist eine Potenzirung der faunistischen Eigenheit jener Region in Folge der eingetretenen Abgrenzung gegen die mitteleuropäische Region; das nordische Element konnte sich selbständiger entfalten,

ohne durch den Contact mit der mitteleuropäischen Fauna eine Abschwächung zu erhalten, wie zur Kelloway- und Oxford-Zeit. Ob aber die characteristische Grundfarbe der russischen Jura-Fauna aus den Beziehungen zum hohen Norden resultirte, oder ob in diesem „abnorm weit nach Süden vorgeschobenen Ausläufer des Borealreiches" sowohl die geographische Lage und die Einwirkung des Klimas als auch die nach verschiedenen Seiten existirenden Verbindungen mit der anderen Provinz von bedeutender Einwirkung waren, ist zweifelhaft. Man kann auch sagen, dass bei offener Verbindung mit dem mitteleuropäischen Meere und Abschluss gegen Norden die Fauna in Folge klimatischer Einflüsse ebenfalls eine abweichende Entwickelungsrichtung hätte einschlagen müssen; ihre Eigenart ist wohl nicht das Product einer einzigen Ursache.

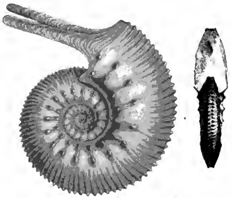


Fig. 80. Ammonites (Cosmoceras) Jason Zieten. Leitende Art des oberen Kelloway in Mitteleuropa. (Nach D'Orbigny.)

Von grösster Bedeutung wird es sein, festzustellen, von welcher Seite das zur Liaszeit trocken gelegte Russland von dem Jurameer wieder erobert wurde. Es handelt sich hier nicht um das krimo-kaukasische Becken, wo alpine und mediterrane Entwickelung sich berühren, sondern um das innerrussische Gebiet, in welchem nachweislich mitteleuropäischer Einfluss auf boreale Entwickelung sich geltend macht. Begann die Transgression im Norden oder Nordosten als Ausbuchtung des grossen Nordmeeres, dem eine eigenartige Fauna zugeschrieben wird, so müssten hier an der Basis Schichten vorhanden sein, in denen mitteleuropäische Formen gänzlich fehlen oder doch nur in gänzlich indifferenten, sagen wir lieber kosmopolitischen Typen vertreten sind. Die Mischung der Faunen konnte erst erfolgen, wenn der südwärts dringende Strand die mitteleuropäische Provinz erreichte, die trennende Landmasse überfluthet war und die Wasser des Nordens und Südens sich mischten. Es lässt sich aber nicht leugnen, dass die Anhaltspunkte für eine solche Annahme bis jetzt fehlen. Die tiefsten Jurahorizonte an der Petschora und Wytschegda gehören dem unteren und mittleren Kelloway an und enthalten schon echt mitteleuropäische Arten wie Cosmoceras Gowerianum Sow., Cosm. Jason Rein. (Fig. 80), Stephanoceras coronatum Brug. Unteres Kello-

way ist noch bekannt aus dem Gouvernement Kostroma, Rjäsan, Nishni Nowgorod, Tambow (Elatma), Simbirsk, Orenburg, Orel, Kursk, Kiew und wird wohl noch weiter verbreitet sein. Tiefere Schichten sind auch aus Lithauen (Popilany) und Polen nicht bekannt, die einzige Andeutung eines tieferen Horizontes bietet das Gouvernement Charkow, wo in thonig-sandigen Küstensedimenten mit wenigen Versteinerungen (Nucula, Tancredia, Posidonia) auch Pflanzen von liassischem Character eingebettet sind.

Die Ammonitenfauna aller dieser unteren Kellowayschichten ist von übereinstimmender Zusammensetzung und wie sich mitteleuropäische Arten bis zur Petschora verbreitet zeigen, so ist auch die überwiegend russische Gattung Cadoceras bis Lithauen gedrungen, ja die Einwirkungen eines Zu-

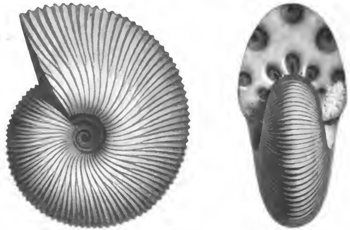


Fig. 81. Ammonites (Macrocephalites) macrocephalus Schloth.
Leitende Art des unteren Kelloway in Mitteleuropa. (Nach D'Orbigny.)

zuges neuer Arten aus den Gattungen Cardioceras, Cadoceras, Quenstedticeras, die im eigentlichen Dogger Mitteleuropas fehlen, machen sich in England, Frankreich und Norddeutschland fühlbar. Der bekannte Ammonites macrocephalus (Fig. 81), das wichtigste Leitfossil des unteren Kelloway in Mitteleuropa, nach Neumayr ein Einwanderer aus den Gewässern der Westseite Südamerikas, ist auch schon im Kelloway Russlands von weiter Verbreitung. Diese durchgreifende Mischung der Faunen in der tiefsten transgredirenden Schicht und die auffallende Beständigkeit der Charactere von Lithauen bis zum Eismeere liesse sich dadurch erklären, dass die Verbindung mit dem Norden sehr rasch hergestellt wurde, sodass schon in den tiefsten in dem neuen Meere entstandenen Schichten die Diffusion der Faunen eine vollzogene That-

sache ist. Wir haben hierbei stillschweigend die Voraussetzung acceptirt, dass der an der nördlichen Küste Russlands brandende Ocean eine von der mitteleuropäischen sehr abweichende Fauna beherbergte, deren Ausläufer Cadoceras etc. sind, ein Schluss, der wesentlich durch die Verhältnisse der Wolga- und Neocomstufe hervorgerufen wird, denn von braunem Jura älter als Kelloway ist nichts bekannt und die geringen Funde jurassischer Versteinerungen auf Spitzbergen sind selbst hier nicht rein boreal. An sich spricht nichts dagegen, eine allmähliche Transgression des Kellowaymeeres von Mitteleuropa aus gegen den Norden anzunehmen, die Bildung eines zunächst noch vom grossen Mittelmeer abhängigen Busens, in dem die für die russische Provinz geltend gemachten Eigenheiten der Fauna sich gemäss der klimatischen Lage und Isolirung in neuen Verhältnissen entwickelten, aber aus Anfängen und Anregungen, die zunächst von dem mitteleuropäischen Meere zuströmten. Die Verbreitung solcher Arten wie Cadoceras sublaeve Sow., die schon in den echten Cornbrashbildungen Deutschlands etc. liegen, könnte für die letztere Annahme angeführt werden. Man bedarf hier nicht des fast plötzlichen Durchbruches des Kellowaymeeres durch das europäische Russland, dessen Festlandsnatur durch die Abwesenheit jeglicher liassischer und brauner Juraschichten hinreichend bewiesen ist, und man bedarf nicht der ebenso plötzlichen Diffusion der Faunen; es handelt sich dann nur um das Aufblühen schon vorhandener Anlagen in Folge der in dem neuentstandenen russischen Becken herrschenden Lebensbedingungen. Die Verbindung mit dem Nordmeere führte nur wenige ganz neue Typen hinzu, unter denen die Belemniten der Excentricusgruppe gewesen sein mögen. Die unbestritten boreale Gattung Aucella (Fig. 102) erscheint erst im Oxford Diese Ansicht vermittelt zwischen dem Standpunkt Nikitins, der eine wesentliche Abweichung der russischen von der mitteleuropäischen Provinz überhaupt nicht anerkennt, und jener Neumayrs, welcher sie für ein nach Süden vorgeschobenes Anhängsel des grossen borealen Meeres erklärt. Für alle Betrachtungen, die sich mit dem Wesen der Meerestransgressionen und ihrer Ursache beschäftigen, ist es natürlich ausserordentlich wichtig, festzustellen, ob die steigende Verschiebung des Strandes im Süden oder im Norden begonnen hat.

Jedenfalls muss man zugeben, dass die russische Provinz im Lauf der Jurazeit und gegen die Schwelle der Kreidezeit hin einen hohen Grad selbständigen Characters erhält, und dass das allmähliche Zuströmen mancher Formen, unter denen die Zweischalergattung Aucella die wichtigsten liefert, nur von Norden her geschehen sein kann. Die Verbindung mit dem mitteleuropäischen Meere wurde auf drei grössere Strassen reducirt, von denen die

eine über Lithauen und Kurland sich erstreckte, die andere nordöstlich von Kielce zum polnischen Jura führte („die Strasse von Lublin“ Neumayrs), während eine dritte Verbindung über Südrussland ging.

Das Vorkommen von Oxfordschichten im Gouvernement Charkow deutet an, dass anfänglich hier das russische Becken weit nach Süden geöffnet war, während sich später eine lang von Westen nach Osten gestreckte Insel hier heraus hob, sodass an deren Südseite sich Korallen und Nerineenschichten von mitteleuropäischem Typus bilden konnten, während nördlich russische Entwickelung herrschte. Wie weit die Isolirung des russischen Meeres ging, ist noch nicht genau zu übersehen; die Strasse von Popilany trat nach der Oxfordzeit ausser Function. Nikitin verlegt in die Zeit des unteren Kimmeridge die Entstehung eines nordwestlich gestreckten Sattels mit nordöstlicher Abdachung, welche das norddeutsche und das russische Becken, die er als Meerbusen der mitteleuropäischen Provinz auffasst, schieden. Das Maximum der Hebung soll in die Wealdenzeit fallen, also in das untere Neocom; im Neocom wird die Verwandtschaft mit norddeutscher Ausbildung so deutlich, dass eine Verbindung mit Nothwendigkeit gefolgert werden muss.

Es wurde schon früher der interessanten jurassischen Ablagerungen gedacht, welche in Indien und Tibet aufgefunden sind.

In den ideenreichen Ausführungen Neumayrs wird ihnen und den Spuren ähnlicher Vorkommnisse in den nördlich folgenden Ländern Innerasiens eine Bedeutung beigemessen, die wir am besten mit seinen eigenen Worten (Erdgeschichte II S. 332) wiedergeben.

„Verfolgen wir die Ablagerungen (des mitteleuropäischen und alpinen Juras) nach Osten, so finden wir im südwestlichen Theile von Sibirien, in Turan und Turkestan ausgedehnte, dem festen Lande oder süssen Wasser angehörende Kohlenbildungen des Jura, wir haben also hier wieder eine grosse Insel, zwischen dieser Insel aber und der arabischen Wüstentafel muss sich das Meer durch Persien und Afghanistan nach Osten verbreitet haben, denn der Jura von Cutch an der Mündung des Indus stimmt nach den Untersuchungen von Waagen in so wunderbarer Weise mit dem mitteleuropäischen überein, dass eine unmittelbare Meeresverbindung zwischen diesen Regionen existirt haben muss. Da nun, wie Beyrich gezeigt hat, bei Mombas an der afrikanischen Ostküste ungefähr unter 4° südlicher Breite Jura auftritt, der mit demjenigen von Cutch vollständig übereinstimmt, so können wir auf eine Ausdehnung des Meeres auch in diese Gegenden schliessen, und Mosambik an der afrikanischen Ostküste, das westliche Madagascar und Antolo in Abessinien sind weitere Punkte, an welchen Ablagerungen

desselben Meeres vorhanden sind. Nach Westen war dieses Becken durch die grosse central- und südafrikanische Masse begrenzt, welche zu den ältesten Continentalgebieten gehört und damals offenbar mit dem nordafrikanischen Wüstengebiet zusammenhing."

Auf die sich anschliessende Ausführung, welche sich auf die Ausdehnung des Meeres im Süden, auf den hypothetischen Continent Lemurien, die Verwandtschaft der Faunen in den südafrikanischen Gewässern und dem Meere an der Westküste Südamerikas bezieht, kommen wir noch zurück.

„Wollen wir die weitere Vertheilung von Land und Wasser im Osten verfolgen, so treffen wir auf weite Gebiete, in welchen der Jura fehlt oder durch Binnenablagerungen mit Landpflanzen und Kohlen vertreten ist. Das ist der Fall im grössten Theil des Thianschangebirges, im südlichen Theile Ostsibiriens, im russischen Amurlande, in ganz China, soweit es untersucht ist, in Hinterindien, den malayischen und papuanischen Inseln und in einem grossen Theile von Australien; in Japan, im südwestlichen Theile von Neuholland, im Südosten dieses Continentes (Queensland), endlich auf Neuseeland greifen kohlenführende Binnenablagerungen und Meeresbildungen in einer Weise ineinander, welche zeigt, dass hier Küstengebiet vorhanden war, in welchem das Meer bald etwas grösseres, bald etwas kleineres Gebiet umfasste. Die Aehnlichkeit der Landflora, sowie andere Gründe, die wir nicht eingehend besprechen können, verweisen uns hier auf die Existenz eines grossen chinesisch-australischen Festlandes, welches sich vom südöstlichen Sibirien über China, das japanische und chinesische Meer, Hinterindien, die australischen Inseln, Neuholland und die Fidschi-Inseln bis Neuseeland erstreckte.

„Es entsteht nun die Frage, wie sich diese Region gegen die früher besprochenen abgrenzt; im mittleren Thianschan, ferner am Karakorum-Pass und im Pamir sind einzelne marine Juraablagerungen bekannt, grosse Verbreitung erreichen dieselben im tibetanischen Hochlande und speciell die Ablagerungen dieser Region sind von grosser Bedeutung. Wir finden hier sehr ammonitenreiche Gesteine von durchaus fremdartigem Habitus, die durch den Character mancher Ammoniten, durch das häufige Auftreten von Aucellen und das Fehlen oder die Seltenheit der für die gemässigte und äquatoriale Entwickelung characteristischen Ammonitengattungen an die nordische Entwickelung erinnern, und mit dieser muss eine Verbindung existirt haben, welche durch die marinen Juravorkommnisse im mittleren Thianschan angedeutet wird. Andererseits giebt es im tibetanischen Jura auch einzelne Arten, welche in den Ablagerungen von Cutch am Indus vorhanden sind, und es

muss also eine ganz beschränkte Verbindung auch von Süden her nach dem tibetanischen Becken existirt haben.

„Wir erhalten auf diese Weise eine vom Nordmeere nach dem centralen Mittelmeer hinführende Wasserverbindung und damit die Trennung der turanischen Insel von dem chinesisch-australischen Continente."

Dass mariner Lias auf dem Riesenkörper Asiens nur an den äussersten Enden, nämlich im Kaukasus und in Japan, bekannt ist, während in Tibet, am Indus, in Kleinasien und Syrien nur oberer Jura auftritt, wird scharf hervorgehoben, wenn auch Neumayr weit davon entfernt ist, die Möglichkeit künftiger Entdeckung dieser Schichten in Centralasien oder den Polarländern in Abrede zu stellen. „Aber wenn dadurch auch im Einzelnen unsere Anschauungen geändert werden mögen, so ist doch die Menge der Beobachtungen, welche ganz bestimmt auf eine geringe Verbreitung des Lias auf der nördlichen Halbkugel hinweisen, eine so überwältigend grosse, dass über die Bedeutung derselben kein Zweifel sein kann."

Ueber alle diese hochinteressanten Fragen kann erst eine genauere Kenntniss der Geologie Innerasiens vollen Aufschluss gewähren; eine Polemik, die sich kurz vor dem unerwartet raschen Hinscheiden Neumayrs mit Nikitin entspann, hat den schwankenden Untergrund des neubetretenen Gebietes wohl erkennen lassen und es wäre jedenfalls verfehlt, das Gebäude noch weiter auszubauen, ehe die Fundamente verstärkt sind, aber dennoch muss man auch hier den genialen Blick Neumayrs bewundern, der die Tragweite auch unscheinbarer Andeutungen richtig abgeschätzt hat.

Die wichtigsten Aufsammlungen sind in den Gegenden von Spiti und Ngari Khorsum (Niti), am nordöstlichen Abhange der südlichen krystallinischen Kette des Himalaya gemacht; nach den Angaben über Ammoniten, die sich im östlichen Nepal und bei Lhassa am Bramaputra gefunden haben sollen, scheint diesen Schichten eine weite Verbreitung nach Osten zuzukommen. Dann ist eine reiche jurassische Fauna durch Waagen von Cutch beschrieben, und auch im Punjab, in Sirban, Hazara und an der Saltrange kommt Jura vor.

In der Gegend von Niti unterscheidet man die unteren und oberen Taglingschichten, die zum Theil den Kössener Schichten des alpinen Rhäts entsprechen, aber wahrscheinlich auch weit höhere Horizonte mit canaliculaten Belemniten und macrocephalen Ammoniten noch einschliessen, die Clayey Slates mit einer Posidonia von Kelloway-Habitus, die Spiti-Shales, wiederum eine versteinerungsreiche Formation, die sehr verschiedene Horizonte in ähn-

licher petrographischer Entwickelung umfasst, und schliesslich Gieumal Sandstone, welcher den Oomiaschichten von Cutch äquivalent zu sein scheint.

Die Einleitung, welche Oppel seiner Beschreibung der von H. v. Schlagintweit gesammelten ostindischen Petrefacten vorausschickt, fasst kurz und präcise die Punkte allgemeinerer Bedeutung zusammen. „Einige der Arten zeichnen sich durch ungewöhnliche Formenverhältnisse aus, während sich die Mehrzahl der übrigen Arten an europäische Vorkommnisse anreihen lässt, insbesondere an folgende Species aus den Zonen des Amm. anceps und athleta der celtischen Juraprovinz" (folgen die Namen).

„Trotz auffallender Aehnlichkeit mit diesen in den Kelloway-Schichten der celtischen Juraprovinz sehr verbreiteten Cephalopoden liess sich keine einzige der untersuchten ostindischen Versteinerungen mit einer in Europa einheimischen Species identificiren. Sämmtliche Exemplare gehören neuen, in europäischen Flötzformationen nicht vorkommenden oder wenigstens nicht nachgewiesenen Arten an. Diese Thatsachen sprechen für die Annahme einer besonderen, in der Richtung des Himalaya über einen Theil von Asien ausgedehnten Meeresprovinz, wie sie von Marcou als Province himalayenne unterschieden wurde, mit der celtischen, der alpinen und der kaukasischen Provinz Theile eines zusammenhängenden homöozoischen Gürtels bildend. Obige Thatsachen tragen zugleich zur Stütze der neuerdings von Agassiz gemachten und mitgetheilten Erfahrung bei, der zufolge bei bedeutenden Entfernungen die Faunen gleichaltriger Ablagerungen ihre Uebereinstimmung in noch vollständigerem Grade verlieren, als das beim Uebergang einer Zone in die zunächst darüberfolgende der Fall ist."

Die Beziehungen zwischen dem Jura von Cutch und dem des Himalaya sind nicht so nahe, als man annehmen sollte. Neumayr fasst sein Urtheil dahin zusammen, dass von 34 hinreichend bekannten Ammoniten der Spiti-Schiefer 5 auch anderwärts gefunden, 29 Spiti eigenthümlich sind und dass man nur von 14 dieser 29 Arten einigermassen verwandte Formen auch aus anderen Gegenden anführen kann, während 15 isolirt sind. Im Jura von Cutch dagegen kehren unter 135 Ammoniten 50—52 in anderen Gegenden wieder, haben 70—75 mehr Analogie in anderen Gegenden und nur 10 bis 12 Arten können als isolirte Typen bezeichnet werden. „Namentlich zur Zeit des oberen Jura bestand eine weit offene Meeresverbindung, in Folge deren ein lebhafter Formenaustausch zwischen russischem, mitteleuropäischem, alpinem und indischem Gebiet (Cutch) stattfand, während die Verbindung der Area, in welcher die Spiti-Schiefer sich ablagerten, aus uns unbekannten Gründen weit weniger lebhaft war." Eine Verwandtschaft mit Cutch und West-

europa ist trotzdem vorhanden, aber ein besonders auffallender Zug ist das Auftreten russischer oder borealer Typen, unter denen die häufigen Aucellen des Milam-Passes [1]) neben einigen Ammoniten besonders hervorzuheben sind. Auch in Cutch kehren viele den russischen ähnliche Typen wieder.

Angesichts der colossalen Festlandsmassen, welche zwischen den beiden Provinzen liegen, war der Conjectur, auf welchem Wege die Einwanderung der Fremdlinge in die indischen Gewässer erfolgt sei, weiter Spielraum gelassen. Neumayr vermuthete eine Verbindung nach Norden durch die Gegend des Tarims und des Thianschans. Am Karakorumpass entdeckte Stoliczka Kalke mit Belemniten; Romanowsky deutete Ablagerungen im Pamir, in der Schlucht des Kisil-Art und der nördlich anstossenden Sa-Alai-Kette, weil sie unter Kreideschichten lagern, als jurassisch; in der Sammlung der Londoner geologischen Gesellschaft werden Belemniten mit der Fundortsangabe „Chinese Tartary" aufbewahrt; der Botaniker Regel erwähnt Belemniten vom Bochoro-Gebirge und dem Tagilinski'schen Rücken (Thianschan), und auch der Reisende Onody hat Belemniten aus dem Thianschan mitgebracht, die im Nationalmuseum in Pest liegen. Es sind dies alles erst schattenhafte Andeutungen, aber eine ähnlich ziehende Verbindung wird ja auch durch die Aehnlichkeit der indischen Trias mit der des hohen Nordens, deren früher gedacht ist, wahrscheinlich gemacht. Die Configuration dieser Strasse oder dieses Meeres ist völlig unbekannt, und wenn Neumayr ein „Tarim-Becken", eine binnenmeerartige Ausweitung annahm, so geschah dies nur mit Rücksicht auf die eigenartigen topographischen Verhältnisse dieser Gegend.

Jedenfalls bestand aber noch eine zweite Verbindung mit der russischen Provinz. Herr Myschenkow hat aus Buchara eine mit Muschelresten überfüllte Phosphoritknolle mitgebracht, in der Nikitin richtige Kelloway-fossilien von demselben Typus, wie sie in Russland vorkommen, nachweisen konnte. Die weiteren Etappen dieses Weges sind ebenfalls durch einzelne Beobachtungen über Juravorkommen angedeutet, die Griesebach in Afghanistan, im afghanischen Turkestan und im westlichen Badakschan, Bogdanowitsch in Chorasan, Andrussow an der östlichen Küste des kaspischen Meeres gemacht haben. In der Gegend des südlichen Urals mag dieser Meeresarm sich mit dem russischen Meere vereinigt haben. Damit fällt auch

1) Aucella liguminosa Stol. soll nach Nikitin mit A. Bronni identisch sein, welche in ganz Russland bis Nowaja-Semlja, am kaspischen Meere und in Polen überall die Tenuilobaten-Zone des weissen Jura characterisirt. A. Blanfordiana Stol. steht der im russischen Kimmeridge und in den unteren Wolgastufen verbreiteten A. Pallasii nahe.

ein Theil der „turanischen Insel“ fort, die Neumayr nach Romanowskys Angaben glaubte annehmen zu müssen.

Eine weitere Frage ist nun, wie weit das Meer sich in Sibirien ausgedehnt hat. Dass die Wolgastufe hoch im Norden längs dem Rande des Eismeeres ausgedehnte Verbreitung, und dass sie auch im Amurgebiete ihre Spuren hinterlassen hat, werden wir später sehen. Aber diese Inoceramenthone lassen über die Ausdehnung des älteren Jurameeres keine Rückschlüsse zu; am Ostabhang des Ural, wo sie im Gebiet der westlichen Nebenflüsse des Ob auftreten, bis zum 63. Parallelkreise, ist der Jura in Form von Süsswasserablagerungen entwickelt, die nur einer Festlandsperiode angehören können, und weithin, von Westen bis Osten durch Sibirien hindurch, hat man ähnliche Süsswasserschichten von liassischem oder jurassischem Alter angetroffen. Positive Beweise für das Vorhandensein jurassischer Meeresablagerungen besitzt man so gut wie gar nicht. Am mittleren Wilui sind Schichten mit Tancredia und unbestimmten Belemniten entdeckt, ein Cardioceras ist am Olenek gefunden, das auf Oxford schliessen lässt, und vielleicht reichen neben den Inoceramenthonen der Kreide auch Jurasedimente nach Westen in das Amurgebiet hinauf. Selbst wenn man die Ausdehnung des Meeres zur Zeit der Wolgastufe als die letzte und höchste Phase der jurassischen Transgression auffassen wollte, blieben doch noch enorme Gebiete Sibiriens Festland, und nach dieser Richtung hin ist Neumayrs Skizze über die Vertheilung von Meer und Land zur Jurazeit jedenfalls zu modificiren.

Dass eine grosse boreale Meeresprovinz von faunistischer Individualität existirt hat, ersieht man aus dem Ausschwärmen der Gattung Aucella, das bis in die mittlere und obere Kreide anhält; Jura- und Kreidearten sind schwer zu trennen, und falls nicht die wichtigen Cephalopoden der Altersbestimmung eine weitere Stütze verleihen, wird sie nur als approximative gelten können. In Nowaja-Semlja und in Spitzbergen sind Oxfordschichten mit Aucellen bekannt, die übrigen borealen Fundpunkte dürften meist der Wolgastufe angehören, die der Hauptsache nach der unteren Kreide äquivalent ist. In Californien ist Jura, und zwar Oxford und Kimmeridge sicher vorhanden, und etwas später tauchen Aucellen selbst in Mexiko auf.

Nach einer ganz anderen Richtung werden wir durch die Verwandtschaft der Jurafauna von Cutch mit dem Vorkommen von Mombassa, Mosambique, Antolo in Abessinien und Madagascar gewiesen. In Madagascar beginnt die Serie der Schichten vielleicht schon mit dem Lias, doch beruht dessen Nachweis auf zu indifferenten Formen, um als gesichert gelten zu können. Da-

gegen sind Nerineenkalke des oberen Jura, ferner Ammoniten der Gattungen Lytoceras, Phylloceras und Macrocephalites beschrieben, von denen die letztere einen bestimmten Schluss auf Kelloway-Niveau gestattet, während jene den Habitus der Fauna als äquatorial oder alpin hinstellen. Derselbe Schluss lässt sich aus dem madagassischen Neocom ziehen. Jura ist zwar in Südafrika nicht bekannt, jedoch in der Uitenhage-Formation eine Ablagerung untercretaceischen Alters, deren Habitus so ausserordentlich von dem madagassischen Neocom abweicht, dass man eine scharfe Trennung der Meerestheile anzunehmeu gezwungen ist. Hierauf beruht die Reconstruction der Halbinsel Lemuria, die Neumayr wieder aufgenommen hat, nachdem sie zuerst von zoologischer Seite vermuthet war. Nach Norden ist der madagassische Meerbusen sowohl mit den mediterranen wie mit den indischen Gewässern in freier Verbindung gezeichnet, was die Verwandtschaft des Jura von Mombas mit dem von Cutch zu fordern scheint.

An der Westküste Afrikas sind noch keine Spuren eines jurassischen Meeres gefunden, obwohl die untere Kreide (Gault) randliche Ablagerungen hinterlassen hat. Ebensowenig ist Jura von der Ostküste Südamerikas bekannt. Wahrscheinlich hingen die beiden Continente damals noch wie zur Triaszeit zusammen. Neumayr folgert dies besonders auch aus den Beziehungen zwischen der Uitenhage-Formation Südafrikas und der unteren Kreide der pacifischen Küste Südamerikas. Wir verweisen auch hier wieder auf das Capitel über untere Kreide.

Die pacifische Küste Südamerikas hat dagegen eine reiche Ausbeute von Jurapetrefacten geliefert, die aus dem Jura bis in die höchsten Horizonte reichen. Bekannt ist der Fundort Caracoles, die Insel Chiloe u. a. Im Thal des Rio Guayaho in Neugranada, zwischen Pital und La Plata ist ebenfalls Jura vorhanden, besonders reich scheint aber ein Gebiet in Argentinien zu sein, das erst neuerdings von Bodeubender erforscht ist und dessen Beschreibung wir Behrendsen verdanken. Am Rio Salado und Rio Malargue, in den zahlreichen Vorketten, die zum Theil der Hauptcordillere parallel laufen, ist ein Schichtensystem entwickelt, das in südöstlichem Streichen bis zum 40. Grade südlicher Breite hinunterreicht; andere Punkte liegen westlich des Rio Grande, zwischen Rio Neuquen und Rio Agrio am Picun Leuvú und am Arroyo Catanlil. Was bis dahin aus Südamerika von Jurafossilien bekannt geworden war, konnte wohl den Ausspruch Neumayrs rechtfertigen, dass jenseits des 20. Grades südlicher Breite keine Localität mit alpin entwickeltem Jura bekannt sei.

„Wir haben bis jetzt drei grosse von Norden nach Süden aufeinander

folgende Zonen, eine polare, eine gemässigte und eine äquatoriale kennen gelernt, und dadurch wird die Annahme, dass es sich um klimatische Unterschiede handle, schon in hohem Grade wahrscheinlich. Allein, wenn diese Auffassung richtig sein soll, so muss natürlich weiter gegen Süden nochmals eine Zone mit anderer Entwickelung folgen, eine südliche, gemässigte Region, in welcher Phylloceras, Lytoceras u. s. w. wieder zurücktreten und der Character dadurch wieder demjenigen der mitteleuropäischen Entwickelung genähert wird. In der That ist das im vollen Mass der Fall; in Südamerika finden sich im Hochgebirge der Anden, südlich vom 20. Grade südl. Breite, in Chile und im südlichen Bolivia Juraschichten, welche in geradezu auffallender Weise an die mitteleuropäische Entwickelung erinnern. Die characteristischen Gattungen der äquatorialen Gegenden treten stark zurück, und wenn auch manche Eigenthümlichkeiten vorhanden sind, so ist doch im Allgemeinen die Uebereinstimmung mit den europäischen Bildungen in Schwaben, der Schweiz, Frankreich oder England eine geradezu überraschende." Da der Jura von Neuseeland und Australien zu fragmentarisch bekannt ist, um als Vergleichsobject zu dienen, und die Uitenhage-Formation Südafrikas sicher zur Kreide gehört (was wahrscheinlich auch für die aucellenhaltigen Schichten Neuseelands gilt), so gründet sich der eminent wichtige Schluss auf eine südliche gemässigte Region, die wiederum den Beweis für die klimatische Ursache der Provinzgliederung des Jura liefert, auf Südamerika.

Die Entdeckungen Bodenbenders, deren Tragweite von Dr. Behrendsen sofort richtig erkannt ist, kommen gradezu überraschend; es ist dies wohl die schwerste Erschütterung, die Neumayrs Theorien erfahren haben, dass jetzt fast 20° südlich des als Grenze der äquatorialen Entwickelung bezeichneten Parallelkreises Tithon und Unteroolith in alpiner Entwickelung gefunden sind, so typisch, wie man es nur im Mittelmeergebiet erwarten könnte. Man sieht, wie nothwendig eine gewisse Vollständigkeit des palaeontologischen Materials ist, ehe Verallgemeinerungen gezogen werden können, und mit welcher Reserve die von Neumayr in Gang gebrachte Discussion geführt werden muss. Dieselbe Formation, die an der südamerikanischen Küste mit den faunistischen Characteren der mitteleuropäischen Provinz oder, um mit Neumayr zu reden, der nördlichen gemässigten Zone auftrat, nimmt weit nach Osten den Habitus der alpinen äquatorialen Entwickelung an, und die dem Tithon sich anschliessenden Neocomschichten erinnern wieder an norddeutsches, französisches und englisches Neocom, mit dem sogar die Mehrzahl der Arten übereinstimmt. Dies Oscilliren macht vorsichtig gegenüber den Rückschlüssen, die aus den Characteren der in einer Gegend beobachteten Schichten

der unteren Kreide auf nicht beobachtete Juraschichten gezogen werden. Ich bezweifle nicht im Geringsten, dass zur Jurazeit klimatische Differenzen vorhanden waren, aber ob die faunistischen Differenzen, die sich nebeneinander beobachten lassen, in jenen ihre richtige Erklärung gefunden haben, ist fraglich. Die marinen Faunen sind an sich viel unabhängiger von dem Klima, d. h. hier der zonalen Wärmevertheilung, da die Eigenschaften des Wassers diese bis zu einem gewissen Grade paralysiren, dagegen viel abhängiger von der geschichtlichen Entwickelung der Meere, der Küstenlinien und der einzelnen Gruppen, als man anzunehmen geneigt ist. Gerade die Westküste Amerikas, von der Magellanstrasse bis zu Alaska, bietet auch in der Gegenwart für diesen Satz die besten Beweise. Strömungen und locale Bodenformen sind von weitreichendem Einfluss, so dass sie die Verbreitung mancher Faunen geradezu meridional strecken. An der Ostküste Nordamerikas trägt die kalte Polarströmung die hochnordische Fauna bis zum 50° herab, in Norwegen endigt sie im offenen Meere schon bei 70½° n. Br., während in den einschneidenden, oft mit Eis treibenden Fjorden hochnordische Thiere noch bis 67° leben.

Ich will diese Beispiele hier nicht ausführen. Sie sollten nur andeuten, dass man gar nicht erwarten kann, dass die marinen Faunen sich nach regelmässigen Zonen ablösen, da ausser der Wärmezuleitung durch die Sonnenstrahlen so ausserordentlich viele andere Factoren hier noch eingreifen. Ob in einem Meeresarme, der etwa aus äquatorialen Breiten sich bis in die einer gemässigten Zone erstreckt, ohne dort mit anderen Gewässern in Verbindung zu treten, die Fauna in einer besonderen, durch das Klima bestimmten Facies auftreten würde und müsste, erscheint mehr als zweifelhaft, wenn die Tiefe des Meerbusens verticalen Spielraum gewährt. Wahrscheinlicher würde sie ein abgeschwächtes Bild jener äquatorialen Fauna bleiben.

Die nähere Durchforschung der Anden und ihrer Vorländer ist erst begonnen; die Zukunft muss weitere Aufschlüsse über den Character der dort reichhaltig entwickelten mesozoischen Schichten bringen. Im Lias, der vollständig vertreten ist, hebt sich kaum ein greifbarer Unterschied gegenüber Mitteleuropa heraus; die meisten Arten stimmen überein. Im Unteroolith sind mitteleuropäische und alpine Typen gemischt, während der weisse Jura vom Rodeo viejo und anderen argentinischen Fundorten mit dem alpinen Tithon überraschend viele Arten theilt. Sollte sich eine schärfere Gegensätzlichkeit zu den westlich der Hauptkette lagernden Schichten herausstellen, so wird eine directe Verbindung aus der Mediterranregion, durch den von Neumayr angenommenen äthiopisch-brasilischen Continent, bis zur Ostseite der vielleicht

als langgestreckte Insel schon vorhandenen Anden wahrscheinlich, eine Meeresstrasse, die zur Neocomzeit wieder gesperrt war oder in Folge neuer Constellationen mehr mitteleuropäische Formen zuleitete.

In Mexiko sind die jurassischen Schichten bisher ungenügend durchforscht. Kimmeridge in mitteleuropäischer Facies, vielleicht auch Dogger wird aus Oaxaca, Lias mit Arieten aus Puebla, Rhät mit Ctenophyllum und Zamites aus der Gegend von Acatlan angegeben. Aus zoogeographischen Gründen ist kaum daran zu zweifeln, dass die beiden Hälften des amerikanischen Continentes während der Jura- und selbst noch während der Kreidezeit durchs Meer getrennt waren. Wie weit der Körper Nordamerikas vom Jurameer occupirt war, ist ebenfalls noch nicht zu übersehen; an der pacifischen Küste sind vereinzelte Jurareste bis zu Alaska hinauf bekannt, in enger Verbindung mit unterer Kreide, aber ausserdem griff das Meer noch weit in den Continent hinein, bis nach Dacota und in der Gegend des grossen Salzsees den „Uinta Busen" Neumayrs bildend.

B. Die Organismen der Jurazeit.

Kaum eine grössere Abtheilung des Thierreiches fehlt unter den Versteinerungen, die aus jurassischen Schichten zusammengetragen sind. Selbst die weichen Schwimmglocken der Medusen liegen, in den Umrissen verschwommen, aber doch deutlich erkennbar, auf den Flächen der lithographischen Schiefer Solenhofens. Das sind Ausnahmen, ebenso wie die verworrenen Haufen wurmartiger Körper in denselben Schichten; über Thiere, die keine harten Stützen oder Hüllen des Körpers bilden, ist im Allgemeinen kein Aufschluss von der Palaeontologie zu erwarten. Wo aber solche vorhanden waren, strömen die Quellen reichlich.

Aus den Thonen des unteren und mittleren Lias sind von Terquem und Anderen Hunderte neuer Foraminiferenarten beschrieben und es könnten Tausende sein, wenn nicht der vorsichtige Gelehrte, angesichts der erstaunlichen Veränderlichkeit dieser fast mikroskopischen Thiergehäuse, es vorgezogen hätte, den Begriff der Art weit zu fassen und die kleineren Abweichungen nur als Varietäten anzuführen. Die für die Gestalt der Art gezogenen Grenzen verschieben sich fortwährend, aber die Veränderungen fliessen wie Undulationen immer wieder in den Typus zurück, und so ist es möglich, dass manche Arten, wie z. B. die bekannte Dentalina communis, ohne greifbaren Unterschied im Kohlenkalk, im Lias, in der Kreide und im Tertiär lebten und noch heute in unseren Meeren leben.

Ein Dünnschliff von einem der rothen Hornsteine oder Jaspisschiefer der Alpen genommen, enthüllt unter dem Mikroskope eine Welt zierlicher Kieselgerüste von Radiolarien, die trotz ihrer Kleinheit zu mächtigen Gesteinen angehäuft sind. In den Schwammkalken der Schweiz und Süddeutschlands bilden die Skelette lithistider und hexactinellider Spongien förmliche Pflaster. Zuweilen ist, in Folge eines eigenthümlichen Versteinerungsprocesses, die Kieselsubstanz der einzelnen Nädelchen durch Kalk verdrängt, zuweilen aber auch erhalten, und durch vorsichtiges Anätzen mit Salzsäure lässt sich das zarteste Netzwerk, das feinste Gespinnst aus dem trüben, unscheinbaren Steine heraustreiben. Korallen haben besonders zur Zeit des weissen Jura ihre Bauten aufgeführt. In den berühmten Nattheimer Korallenkalken hat eine starke Verkieselung nicht allein die riffbauenden Astraeen und Thamnastraeen, die Montlivaultien, Stylinen und andere Korallen, sondern alle Reste jener Thiere ergriffen, die in den Schlupfwinkeln oder in der Nähe der Riffe lebten. Auch hier lassen sich die Formen ganz vom Gesteine befreien und Details bloslegen, die sonst nur an recentem Material zugänglich sind.

Zu den Thieren, die am meisten die Beachtung anziehen, gehören die Echinodermen. Die Seelilien haben freilich gegenüber dem Reichthum palaeozoischer Schichten an Mannigfaltigkeit der Arten ausserordentlich eingebüsst, aber dafür gipfeln sie in Formen, deren Grösse niemals vorher und nachher erreicht ist. Die Platten mit Pentacrinus, welche die Schieferbrüche von Holzmaden liefern, eröffnen einen Einblick in unterseeische Wälder. Man sieht die versunkenen, mit Austern und Serpeln bedeckten Holzstämme, welche die eingekrümmten Stiele umklammern, und aus ihnen emporwachsend die schlanken Stämme dieser den Palmen mehr als den Lilien gleichenden Geschöpfe, in sanften Linien wellenförmig hin und her gebogen, als bewegte sie noch die Kraft des spielenden Meeres. Jeder ist der Träger einer breiten, wie das feinste Farnkraut verzweigten Krone, und alle diese kleinen Fiedern und Verzweigungen lassen sich zurückverfolgen bis zur Vereinigung in 5 Hauptarme, welche von dem kleinen Kelche ausgehen. Dieser ist das Centralorgan, dem in den Ambulacralrinnen die Nahrung von den letzten Enden der Zweige her zuströmt und welches wiederum Nährsaft in alle Theile des grossen Organismus senden muss. Das ist „Schwabens Medusenhaupt", wie es Quenstedt genannt hat, von dessen Pracht der in der Tiefe unserer Meere versteckt lebende Pentacrinus nur einen schwachen Begriff giebt.

In heftig bewegtem Wasser kann man sich diese zarten Gebilde kaum

vorstellen; in der Brandung eines Riffes würden sie zerschellen. Wo sie lebten, war die See mässig tief, mässig bewegt; die abgestorbenen Thiere zerfielen, sobald mit dem Plasma das Band zerstört wurde, das die unzähligen Bausteine an ihrer Stelle hielt, aber zeitweise brachten die Ströme gewaltige Massen von Schlamm in diese Buchten, welcher die festsitzenden Thiere umhüllte, den Athmungsprocess hemmte, sie tödtete und rasch begrub, wie der Aschenregen Herculanum und Pompeji erstickte. Solche Ereignisse lassen sich auch aus den anderen Einschlüssen der liassischen Schiefer herauslesen; wie wäre es sonst möglich gewesen, dass die weichlichen Leiber von Tintenfischen hier ihre Formen abdrückten, dass Hunderte von Ichthyosauren, in allen Grössen und Lebensaltern, auf eng begrenztem Raume, in einer verhältnissmässig dünnen Schicht, in vollem Zusammenhange des Knochengerüstes gefunden werden!

Eine eigenthümliche Abänderung des Pentacrinus-Typus, die sich ebenfalls bis auf den heutigen Tag erhalten hat und durch ihre Pentacrinusähnlichen Larven in der Entwickelung des Individuums die Stammesgeschichte wiederholt, ist Comatula, gleichsam die freischwimmende Pentacrinus-Krone, eine der schönsten Versteinerungen des Solenhofener Schiefers. Auf dem Grunde dieser abgeschiedenen Meerestheile hatte sich die von den benachbarten Höhen eingespülte Kalktrübe zu einem weichen, beweglichen Bodensatze gesammelt, der jede Ansiedlung von Korallen, Seelilien oder festhaftenden Muscheln unmöglich machte und sofort umschloss, was aus der freischwimmenden Bevölkerung des Meeres todt in die Tiefe sank.

In der frischen Strömung der See, wie sie die felsigen Vorposten des Landes oder die Korallenbauten umspült, lebten die derberen Engeniacrinen und Phyllocrinen, fest in sich geschlossene Formen mit geringer Verzweigung der Arme, deren Kelch unmerklich in den dicken, kurzen Stiel überging und schon in einer auffallenden Neigung den Einfluss der constanten Strömung anzeigt, unter deren Zwange sie ihre Formen ausbildeten. Von ihnen entsprangen, wie Jaekel nachwies, die merkwürdigen Holopus-Gestalten des Tertiärs und der Gegenwart, die scheinbar stiellos dem Boden unmittelbar aufsitzen, während die Arme, die dem weiten Becher die Nahrung zuführen, das Maximum von Plumpheit und Widerstandskraft zugleich erreicht zu haben scheinen.

Seesterne treten uns nicht gerade häufig entgegen, und wo sie, wie auf den „Zopfplatten" des schwäbischen braunen Jura, die Schichtfläche dicht gedrängt bedecken, ist jede Einzelheit des Baues vernichtet und eine wissenschaftliche Untersuchung aussichtslos. Schön erhaltene Exemplare besonders

von Schlangensternen liegen in den feinkörnigen Liasthonen Englands und im weissen Jura; ihr Bau weicht von dem der lebenden Typen nicht mehr ab.

In der Classe der Echiniden vollzog sich gegen die Zeit des braunen Jura ein bedeutsamer Umschwung. Nachdem aus den alterthümlichen Palechinodeen, deren letzte Reste in der Trias vorkommen, sich zuerst die regulären Seeigel, vertreten besonders durch die Cidariden, herausgeschält hatten, bahnt sich jetzt die Neigung an, aus dem gleichmässig fünfstrahligen Gehäuse ein bilateral-symmetrisches zu machen. Noch im Lias herrschen die Cidariden, Salenien und ähnliche Formen ausschliesslich; im braunen Jura gesellen sich ihnen die Clypeiden, Nucleoliten u. s. w. zu, die entschieden bilateral symmetrisch gebaut sind. In der Symmetrieebene, welche eines der Ambulacralfelder und ihm gegenüber den von zweien eingeschlossenen Winkel halbirt, bewegt sich der anfänglich in der Mitte des Scheitels gelegene After allmählich gegen die Unterseite hin; auch der Mund kann seine centrale Stellung verlieren. Das unpaare Ambulacrum hebt sich durch geänderte Gestalt vor den andern heraus, das ursprünglich cyclisch angeordnete Scheitelschild kann sich in der Richtung der Symmetrieebene strecken und schliesslich sogar in zwei Theile zerfallen, deren einer mit den drei vorderen Ambulacren, dem Trivium, der andere mit den beiden nach hinten gewendeten, dem Bivium, im Zusammenhange bleibt.

Hand in Hand mit diesen topographischen Veränderungen vollziehen sich solche im Hautskelett, welche wiederum nicht ohne solche des Wassergefässsystemes denkbar sind. Bei den Cidariden treten die schwellbaren Füsschen gleichmässig vertheilt auf meridionalen Feldern aus, die vom Scheitelschilde zum entgegengesetzten Pole, dem Munde, ziehen, und dieselbe Anordnung gilt für die ältesten Formen, die Palechinoideen. Bei diesen liegen zuweilen mehr als zwei Reihen durchbohrter Ambulacralplatten nebeneinander, was auf eine erhöhte Function des Wassergefässsystemes, resp. der Ambulacralfüsschen schliessen lässt. Da aber die stärkste Vermehrung der Ambulacralbänder in die Zeit des Kohlenkalkes fällt, so scheint es, dass hierin nicht ein atavistisches, allen Urechiniden gemeinsames Merkmal zum Ausdruck kommt, sondern eine abgezweigte Veränderungstendenz einer zweiten, schon im Palaeozoicum sich bemerklich machenden Entwickelungsrichtung. Die Zweizahl der Ambulacralplattenreihen und die Durchbohrung einer jeden Tafel durch einen Doppelporus ist die uralte Norm, von der nun wieder bei den jüngeren Echiniden abgegangen werden kann. Die Ambulacralbänder erreichen die Mundlücke nicht mehr in ungeschwächter Stärke,

oder hören schon weit vorher auf, sodass die Durchbohrungen für die Ambulacral-Tentakel auf die Scheitelseite beschränkt werden. Die Spatangiden sind in der Reduction soweit vorgegangen, dass statt paariger Durchbohrungen Einzelporen auftreten, und bei Clypeastriden ist auch die Function der Ambulacralfüsschen wesentlich verändert, indem sie in den Ambulacralblättern zu gefiederten, breiten Kiemenfüsschen geworden sind, neben denen allerdings zahllose kleine Füsschen austreten, die aber auch nicht mehr zur Fortbewegung verwendet werden können. Man hat allerdings sehr mannigfaltige Zustände zu unterscheiden, aber im Allgemeinen gilt die Regel, dass die Ambulacralbänder mehr und mehr um den Scheitelpol concentrirt und von der oralen Seite zurückgezogen werden. Dabei bleibt der Madreporit ausnahmslos im oder am Scheitelschild, wenn der Steincanal sich auch nicht immer an dieselbe Platte heftet.

In grosser Menge sind Brachiopodengehäuse in fast allen jurassischen Schichten verbreitet, aber auch hier fehlt die Mannigfaltigkeit der palaeozoischen Fauna. Viele Geschlechter und Familien sind ausgestorben und die alterthümlichen Leptaenen und Spiriferiden, welche im Lias noch wichtig sind, verschwinden schon in den höheren Horizonten. Rhynchonella, Terebratula, Terebratulina, Waldheimia und Megerlea sind die bei weitem herrschenden Formen. Auf ihren Gehäusen entdeckt man auch wohl bei genauer Betrachtung die winzigen Colonien cyclostomer Bryozoen.

Einen kräftigen Aufschwung nahmen schon im Lias die Zweischaler. Neben den, dem unteren Lias eigenthümlichen Cardinien, die man früher mit Unionen, also Flussmuscheln, verwechselte und für deren marine Vorfahren hielt, sind besonders die Monomyarier hervorzuheben, die Gryphaeen, Pecten, Lima u. a., die in oft auffallend grossen Arten die Küsten besiedelten. Grosse Ostraeiden, wie Gryphaea, Alectryonia und Ostrea selbst, dann auch Exogyra (die ihre Blüthezeit erst in der Kreide erlebt) characterisiren auch später noch den Jura. Zu ihnen gesellen sich im braunen Jura die schönen Trigonien, von denen nur noch wenige Vertreter in den neuholländischen Gewässern leben; auch sie hatten ihre Blüthezeit im Jura und stehen schon in der Kreide in absteigender Entwickelung. Es würde viel zu weit führen, Einzelheiten aus der Fülle der jurassischen Zweischaler hervorzuheben. Arca, Cucullaea, Astarte, Opis, Lucina, Modiola, Tancredia, Ceromya, Pholadomya, Diceras sind einige der am weitesten verbreiteten Geschlechter, die auch heute zum Theil noch existiren. Bemerkenswerth ist die grosse Zahl der Pholadomyen und ihnen verwandter, meist ausgestorbener Gattungen, und die ebenfalls ausgestorbene, den Chamen nahestehende

Gattung Diceras, die im süddeutschen Malm besonders häufig, doch auch in Norddeutschland gefunden ist. Sie leitet zu den Rudisten hinüber und lebte wie diese in riffartigen Colonien oder Bänken.

Für die Kenntniss der Gastropoden ist die jurassische Fauna besonders wichtig geworden, weil hier, von triassischen Formen eingeleitet, die siphonostomen Schnecken zum ersten Male kräftig einsetzen. Dahin gehören z. B. die den Cerithien verwandten Alaria, Malaptera, Chenopus, Pterocera, u. a., die man trivial als Flügelschnecken zusammenzufassen pflegt, also Schnecken mit deutlichem Canal oder Ausguss und stark verbreiterter, häufig gelappter oder gefingerter, auch wohl an dem Gewinde wieder aufsteigender Aussenlippe (Fig. 82 D). Dann sind die Cerithien selbst in einem grossen Formenkreise verwandter Gattungen vertreten. Auch die Nerineen (Fig. 82 A, B),

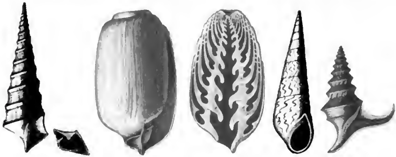


Fig. 82. Jurassische Gastropoden.

A Nerinea visurgis Roemer. Aus dem Korallenoolith (weisser Jura) von Hannover. *B* Nerinea Cabanetiana D'Orbigny. Aus dem Korallenoolith Frankreichs. *C* Chemnitzia heddingtonensis Sow. Aus dem Korallenoolith von Hannover. *D* Alaria hamus D'Orbigny. (Nach D'Orbigny.)

die für den oberen Jura und die Kreide grosse Wichtigkeit besitzen, lassen sich den Cerithiaceen angliedern, und schliesslich laufen alle diese verwandtschaftlichen Fäden wieder zusammen in jenem grossen Stamme der bald siphonostomen, bald holostomen Chemnitzien (Fig. 82 C), den Epigonen der Loxonematiden silurischer Zeit. Legt man den Nachdruck auf die allen gemeinsame, nachweisliche Verwandtschaft mit Cerithium, so würde auch diese Abtheilung jurassischer Schnecken bei den taenioglossen Siphonostomen untergebracht werden müssen; andererseits machen die nicht weniger markirten Beziehungen der Loxonematiden, Chemnitzien, Nerineen, Promathildien u. a. zu den Pyramidelliden es sehr unsicher, ob man die von den recenten Cerithien bekannten anatomischen Merkmale auf diese jurassischen Formen übertragen darf. Wahrscheinlich ist ihre Ausbildung viel jüngeren Datums. Da auch Bucciniden, Columbelliden, Purpuriden, ja selbst Fusus dem Jura nicht

fehlen, so sind auch die modernsten Familien der Siphonostomen, die sog. Rhachiglossa, damals schon abgezweigt gewesen, während sie in der Trias noch nicht deutlich auszuscheiden sind. Die Toxoglossa fehlen; die als Kegelschnecken beschriebenen Fossilien wurden von D'Orbigny als Actaeoninen (Fig. 83 G), also als Opisthobranchier, erkannt, die nach v. Ihering einem ganz anderen Zweige der Gastropoden zuzutheilen, ja sogar von ganz anderen

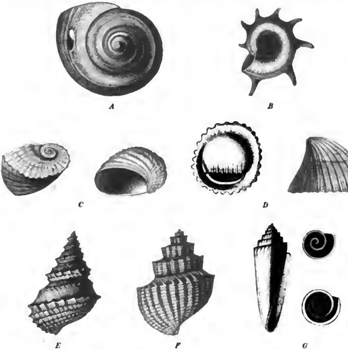


Fig. 83. Jurassische Gastropoden.
A Ditremaria bicarinata Deslongch. Aus dem Lias der Normandie. *B* Cirrus calcar D'Orbigny. Aus dem mittleren Lias der Normandie. *C* Stomatia carinata D'Orbigny. Aus dem Korallenoolith Frankreichs. *D* Pileolus radiatus D'Orbigny. Aus dem Korallenoolith Frankreichs. *E* Purpurina ornata Sow. Aus dem Unteroolith (braunem Jura) der Normandie. *F* Purpurina bellona D'Orbigny. Aus dem Unteroolith der Normandie. *G* Actaeonina cadomensis Deslongch sp. Aus dem Unteroolith der Normandie. (Nach D'Orbigny.)

Vorfahren (Plattwürmern) abzuleiten sind, als die prosobranchiaten Schnecken, während nach meiner Ansicht die Beziehungen zu den Pyramidelliden einen engeren Zusammenschluss wenigstens der beschalten Opisthobranchier mit den übrigen Gastropoden erfordern.

Unter den holostomen Schnecken ist wiederum die Gattung Pleurotomaria an erster Stelle zu nennen; niemals hat sie aus grösseren und schö-

neren Arten als im braunen Jura sich zusammengesetzt, erst in der Kreide tritt ihr Verfall, dann aber auch rapid, ein. Ditremaria (Fig. 83 A) und Trochotoma sind zwei ihr nahestehende, specifisch jurassische Gattungen. Das Heer der Trochiden ist schwer zu entwirren, und zumal der Unterschied von den ebenfalls reichlich vorhandenen Littoriniden nicht leicht. Die seit der Trias in ihren Schalencharacteren gefestigten Neritaceen sind sowohl durch Neritaähnliche wie auch durch isolirtere Geschlechter, z. B. Pileolus (Fig. 83 D), vertreten. Bemerkenswerth sind auch einige Geschlechter niedriger bis scheibenförmiger Schnecken, in denen Nachkömmlinge der alten Euomphaliden zu vermuthen sind (Fig. 83 B). Erwähnen wir noch die stets vorhandenen Patelliden, Dentalien und (allerdings seltenen) Chitoniden, sowie die lungenathmenden Süsswasserschnecken des englischen Doggers und Purbecks, fast durchweg noch lebende Gattungen, so erhält damit diese flüchtige Skizze der jurassischen Gastropodenfauna ihren Abschluss.

Unter den Cephalopoden ist Nautilus nach wie vor in bekannter Gleichmässigkeit der Charactere ziemlich verbreitet; alle jurassischen Mollusken werden aber an Wichtigkeit überragt von den Belemniten und Ammoniten, in deren wechselvoll geformten Gehäusen sich die Gestaltungskraft der Natur fast unerschöpflich zeigt. Wie sich immer neue Arten aus den alten ablösen, wie sich natürliche Gattungen und aus ihnen Familien bilden, ist in keiner Abtheilung der wirbellosen Thiere so klar zu verfolgen und so reich durch Beispiele illustrirt. Für die Auffassung der Artenbildung sind diese Gruppen, und in erster Linie die Ammoniten, von unschätzbarem Werthe, und die peinlichste Detailforschung, die dem Fernstehenden als Kleinigkeitskrämerei erscheinen könnte, belohnt sich durch die beständige Fühlung mit der Entwickelungsgeschichte, die nun einmal im grossen Stile nicht fehlerfrei zu behandeln ist. Man lese die Arbeiten von Würtenberger, Neumayr, Branco, Hyatt, Haug u. a., um zu geniessen, wie grosse Gesichtspunkte sich ungezwungen aus exacter Arbeit ergeben. Von der bunten Menge dieser Cephalopoden, von der natürlichen Verknüpfung der Gattungen in knappen Worten ein Bild zu geben, ist unmöglich; zu den früheren gesellen wir noch einige andere Abbildungen bekannter Typen, und begnügen uns, nochmals auf die Abstammung und Entwickelung der Gruppen im Ganzen einzugehen.

Die lebenden Cephalopoden zerfallen, wie bekannt, in mehrere, durch divergente Anpassungen scharf geschiedene Gruppen. Der Versuch, die ausserordentlich zahlreichen fossilen Cephalopoden, die aus den ältesten Zeitaltern der Erde überliefert sind, systematisch zu ordnen, knüpfte naturge-

müss zunächst an diese Gruppen an, und in einer grossen Anzahl Fälle berechtigt auch die Uebereinstimmung der erhaltungsfähigen und erhaltenen Theile zwischen fossilen und lebenden Cephalopoden zu einem weitergehenden Schlusse auf die Gestalt des Thieres. Niemand wird bezweifeln, dass die Schale eines jurassischen Nautilus von einem in wichtigen zoologischen Characteren mit der lebenden Gattung übereinstimmenden Thiere bewohnt wurde, und dass die Schulpe, die man aus den liassischen Schiefern oder aus den Solenhofener Kalken kennt, zu Sepia- oder Loligo-ähnlichen Tintenfischen gehörten. Aber grosse Abtheilungen fossiler Cephalopoden, die durch ihre Formenfülle und ihren practischen Werth als Leitfossilien lange im Vordergrunde des Interesses gestanden haben, lassen eine directe Einordnung in das System der Zoologen nicht zu, und wenn sie auch, je nach der subjectiven Neigung eines Autors, unter den Tetrabranchiaten aufgeführt werden, so sollte man sich doch immer daran erinnern, dass wir im günstigsten Falle eine genetische Verkettung mit diesen Gruppen nachweisen können, dass uns dagegen für eine Vorstellung der zoologischen Charactere, oder sagen wir, des Entwickelungsstadiums, ein sicherer Anhalt fehlt. Hätten wir in Aulacoceras der alpinen Trias einen Vorfahren der Dibranchiaten oder eines Zweiges der Dibranchiaten ermittelt, so wäre damit doch zunächst nur das Abstammungsverhältniss, nicht aber die Uebereinstimmung einer Summe von Characteren festgestellt, denn diese ändern sich beständig und führen ja dadurch gerade die Möglichkeit einer Entwickelung, genetischer Verknüpfung verschiedenartiger Formen herbei. Wir müssen, um zu einer objectiven Schätzung der palaeontologischen Thatsachen zu gelangen, die Differenzirungen der Gegenwart zeitweilig zu vergessen suchen und nicht gleich jeden Fund mit lebendem Fleisch und Blut aussteuern. Die morphologische Deutung der einzelnen Organe eines Fossiles oder der Eindrücke oder Spuren der Organe an den Harttheilen wurzelt im Boden zoologischer Kenntnisse; für die Aufdeckung der genetischen Linien ist es zuweilen gut, sich unbekümmert um diese von älteren und einfacheren zu neueren und abgeleiteten Verhältnissen den Weg zu suchen.

Die Abweichungen im Bau der Anfangswindung bei Nautiliden und Ammonitidiern sind oben geschildert (S. 115); sie schienen Hyatt so bedeutend, dass er glaubte, beide Reihen nur von Urformen ableiten zu können, die den Scaphopoden und Pteropoden mindestens ebenso nahe standen, als den echten Cephalopoden. Allein noch bedeutendere Differenzen liegen in der Entwickelung der Schale bei lebenden Cephalopoden, und doch denkt man nicht daran, Nautilus und Sepia so fundamental zu trennen, dass man ihnen

ganz gesonderte Abstammung zuschreibt, mit einem Worte alles das, wodurch die Gruppe der Cephalopoden zoologisch zusammengehalten wird, in das Capitel der Convergenzerscheinungen zu verweisen. Die Embryologie der Gastropodenschale lehrt so verschiedenartige Anfänge kennen, dass man diesen Initialstadien einen allein ausschlaggebenden Werth nicht zuertheilen darf. Die Verzweigung der Cephalopoden mag tief im Silur begonnen haben, aber sie entsprosste doch wohl einem Stamme, den man schon zu den Cephalopoden rechnen muss und der viele seiner Eigenschaften auf die Nautiliden vererbt hat.

Die ältesten silurischen Formen werden trotz des wechselnden Aussehens der Schalen durch viele gemeinsame Charactere zusammengehalten; aus der schwankenden Menge tritt allmählich ein Stamm bedeutender heraus und überdauert, durch mächtige Concurrenz immer in den Schranken mässiger Entwickelung gehalten, fast unverändert alle geologischen Perioden bis in die Gegenwart hinein. Die im indischen und stillen Meere verbreitete Gattung Nautilus, das Schiffsboot oder Perlboot, ist das jüngste Glied dieses alten Geschlechtes, welches mit vielen Nebenlinien im Silur die Meere beherrschte.

Die Entwickelung und Organisation der alten Nautiliden ist früher geschildert; hier sei nur nochmals darauf hingewiesen, dass zwar unsere Kenntniss des lebenden Nautilus ausreicht, ein allgemeines Urtheil auch über die zoologische Beschaffenheit der Vorfahren zu fällen, dass aber besonders die silurischen Funde vielfach zu der Vermuthung hindrängen, dass in manchen Punkten die Organisation der Nautiloiden während der geologischen Aeonen nicht unwesentlich geändert ist. Es sei an die Verengungen der Mündung erinnert, die eine ganz bestimmte Ausbildung des Kopfes und seiner Anhänge zu erfordern scheint, an die ursprüngliche Ausdehnung des Eingeweidesackes bis in den weiten Siphonalraum u. a.

Man hat die Vermuthung aufgestellt, dass die Tentakel des Nautiluskopfes, die sich in 8 Gruppen bringen lassen, erst später aus den 8 ursprünglichen Armen der Cephalopoden durch Differenzirung entstanden sind, und dass wiederum Verwachsungen der dem Rücken genäherten Tentakelgruppen zur Bildung der sog. Capuze geführt haben, die für Nautilus die Bedeutung eines Deckels hat und, wenn die Arme in die Schale zurückgezogen sind, die Schale genau gegen aussen schliesst. Diese Ansicht ist in hohem Masse wahrscheinlich und durch die Form der bei silurischen Nautiliden beobachteten Mündungen auch inductiv gestützt.

Von Hyatt's Proconchula-Stadium, dessen Existenz nur bei wenigen

Gattungen aus dem Vorhandensein einer Narbe oder einer runzligen, gleichsam zusammengesunkenen Masse gefolgert werden kann, dessen Abwesenheit bei andern wieder festgestellt ist, welches uns noch über den Beginn des Cephalopodenstammes hinaus und zu Mollusken führt, in denen Eigenschaften der späteren Pteropoden, Scaphopoden, Gastropoden und Cephalopoden gemeinsam nebeneinander vorbereitet werden, sehen wir hier ab. Es ist rein hypothetisch, auch noch näher zu erweisen, dass dieses hinfällige Gebilde mehr als eine embryonale Entwickelungserscheinung, dass es die Recapitulation eines phylogenetisch durchlaufenen Stadiums ist. Dann beginnt der Cephalopodenstamm nothwendig mit Formen, welchen das Gehäuse nur Wohnung war, eine Wohnung, die sie auch vollständig besetzt hielten. Auch als die Bildung der Luftkammern begonnen hatte, blieb die Schale ein Wohngehäuse, und die extrem zusammengeschnürten Gomphoceras-Mündungen beweisen, dass, mit Ausnahme des Kopfes, der Haupttheil des Körpers in der Wohnkammer steckte, zugleich aber machen sie es wahrscheinlich, dass schlanke, lange Arme die Mundöffnung umstanden, welche auch dem in seine kalkige Behausung gebannten Thiere hinreichende Activität auf Beutezügen sicherten. Reparaturen an den von der Wohnkammer oft weit entfernten Hinterenden von Orthoceras erheben diese Vermuthung fast zur Gewissheit; weder der Mantelrand noch die Capuze, wenn eine solche damals überhaupt schon ausgebildet gewesen wäre, konnten so weit zurückreichen.

Wenn ein Theil dieser langen Fangarme beim Schwimmen an die Schalen gepresst wurde, so waren auch die eigenthümlichen lanzen- und krummstabartigen Gehäuse leichter zu regieren. Stellen wir uns aber ein Nautilus-Thier mit seinen kurzen Tentakeln in der Wohnkammer eines Orthoceras oder Lituites vor, so können wir in dem übermässig langen, gekammerten und lufterfüllten Schalentheile nur ein Hinderniss rascher und abgezielter Bewegungen sehen. Die Auflösung der acht Arme in Tentakel, die Bildung einer deckelartigen Capuze erfolgte wohl erst, als die geschlossene Spirale die Normalform des Gehäuses wurde.

Die Goniatiten und Clymenien, als die ältesten Ammonitidier, in Verbindung mit den Nautiliden zu bringen, ist direct nicht gelungen, jedoch ist die gleichartige Herausbildung des Sipho neben anderen wichtigen Merkmalen Grund genug, die Abzweigung von Nautiliden anzunehmen, bei denen dem Sipho schon nicht mehr eine functionelle Bedeutung zukam. Mit der Anknüpfung an Endoceras (oder ihm verwandte Geschlechter) greift man wahrscheinlich zu weit zurück; die ersten stabförmigen Ammonitidier lassen

eine engere Annäherung an die echten Orthoceras mit engem Sipho zu. Der systematische Werth der Embryonalschale ist, wie gesagt, zweifelhaft; die spitzconische Anfangskammer von Endoceras, die stumpfconische, schwach gebogene bei Nautilus und die schalenförmige bei Lituites und Ophidioceras weichen, besonders wenn man die Art des Siphonalanfanges mit berücksichtigt, untereinander noch ebenso sehr ab, wie die einer Clymenia von Trocholites. Die Annahme liegt auch nicht so weit, dass mit der Herausbildung der Merkmale, die zuerst den Ammonitidierstamm schärfer von den Nautiliden differenzirten, und in der gesteigert raschen Entwickelung, die das Aufblühen jugendlicher Gruppen zu begleiten pflegt, die Rückwirkung auch auf die Anfangskammer, resp. das Embryonalleben nicht ausblieb. Mehr wie sie durch die verschiedene Gestalt der ersten Kammer voneinander abweichen, werden Nautiliden und Ammonitiden durch andere Merkmale einander genähert.

Von den Goniatiten an beginnen die Verzweigungen der Ammonitidier, die schon so oft zu phylogenetischen Studien Anlass gegeben haben, im Jura ihre mächtigste Ausbreitung erlangen und in der obersten Kreide fast plötzlich absterben. Wir wollen das nicht noch einmal recapituliren. Ein sicherer Anhalt über die Organisation des Thieres fehlt, und die Ammoniten den Tetrabranchiaten, Dibranchiaten, Octopoden oder Decapoden einzureihen, heisst morphologische und zwar keineswegs fundamentale Eigenschaften voraussetzen, die wir nicht einmal den älteren Vorfahren der lebenden Gruppen zuzuschreiben berechtigt sind. Das häufige Vorkommen seitlicher Vorsprünge an den Mündungsrändern, die sog. Ohren, mag auf das Vorhandensein längerer Arme zurückzuführen zu sein, die sich hier in eine ventrale und eine dorsale Gruppe sonderten, der Vorsprung des convexen Aussenrandes der Schale, der häufig in einen langen Schnabel ausgezogen ist, kann als Stützpunkt eines längeren Trichters gedient haben, wie z. B. Steinmann annimmt. Allein wenn die dorsale Verlängerung wie bei Schloenbachia schnepperartig zurückgekrümmt ist, so ist schwer verständlich, wie sie als Stütze für den Trichter gedient haben soll, der beim Schwimmen parallel der Bewegungsrichtung gestreckt ist. Mit vielem Geschick hat Steinmann versucht, eine zuerst von Suess ausgesprochene Idee, dass der Papiernautilus, Argonauta, ein Abkömmling der Ammoniten sei und uns über die Gestalt jener Thiere belehren könne, weiter eingehend zu begründen und zu erweitern. Argonauta ist unter den achtarmigen Tintenfischen der einzige, der eine Schale besitzt, aber nur das Weibchen trägt sie, und ihre Bildung wie Function wurde wenigstens bisher ganz anders beurtheilt. Der Körper des Weib-

chens ist nirgends an die Schale angewachsen und es verlässt sie ohne Schaden oder gewaltsame Anstrengung in Gefahr. „Obwohl man Tintenfisch und Schale schon lange kennt“, schreibt v. Martens, „hat man deshalb früher oft bezweifelt, ob nicht etwa der Tintenfisch nur wie ein Einsiedlerkrebs die Schale eines anderen, uns unbekannten Thieres benutze. Im Winkel unter dem Wirbel der Schale sind regelmässig die Eier des Tintenfisches angeheftet, die beiden Arme seines ersten Paares sind in eine Hauptplatte verbreitert und enthalten Drüsen mit kohlensaurem Kalk, sie umfassen genau die beiden symmetrischen Seiten der dünnen Schale, die Faltenskulptur der Schale entspricht den Hautfalten der Arme, die doppelte Höckerreihe an ihrem Kiel den Saugnäpfen derselben, und es ist beobachtet, dass Löcher in der Schale von den sie umfassenden Armen wieder ausgeflickt werden. Es kann somit kein Zweifel mehr sein, dass diese Schale nur mehr eine schützende Hülle für den Laich sei, ähnlich dem Eiersack der Spinnen (vgl. auch den Laichapparat bei Janthina), dafür aber ist sie von überraschender Schönheit und Feinheit. Eine Art, A. argo, lebt im Mittelmeere, die alten Griechen und Römer kannten sie schon, sie nannten sie Nautilus und fabelten, dass die Menschen von ihr die Kunst der Schifffahrt erlernt hätten, Rudern und Segeln, indem sie die verbreiterten Arme, welche die Schale halten, sich fälschlich aufgerichtet als Windfang, Segel, vorstellen.“

Die Schale des Argonauta argo hat zunächst durch ihre Skulptur den Vergleich mit jüngeren Ammonitengehäusen herausgefordert, allein bei den fundamental geänderten Beziehungen des Thieres zur Schale bedarf es natürlich stärkerer Beweise, welche zugleich eine Erklärung der abweichenden Schalstructur werden liefern müssen.

Der Mangel von Luftkammern und Scheidewänden, von Sipho und Haftmuskeleindrücken werden von Steinmann durch einen und denselben Vorgang erklärt, durch die Loslösung eines in der Schale nach Art des Nautilus befestigten Thieres aus dieser, wobei die Schale aber nicht vollständig abgestossen, sondern wegen ihrer Verwendbarkeit als Behälter für die Eier beibehalten und durch die Rückenarme festgehalten wurde.

Das Bestreben des Ammonitenthieres sich behufs freierer Bewegung, wie sie vielleicht ein Aufenthalt an felsigen Küsten erheischt, der Schale zu entledigen, soll sich schon an den mesozoischen Gehäusen verfolgen lassen und in gewissem Sinne zunächst im Auftreten von Rippen u. s. w. zum Ausdruck kommen. Bei den glattschaligen und stark involuten Ammoniten lag nach Steinmann ein ungetheilter Lappen, der Capuze des Nautilus entsprechend, dem vorhergehenden Umgange auf, erzeugte hier eine Runzel-

schicht und regelte überhaupt die Einrollung; die Bewegung des Thieres war hierdurch erheblich beschränkt. Mit der Ausbildung von Rippen u. s. w. trat an Stelle des einfachen Rückenlappens ein mehr oder minder differenzirtes Armpaar, welches sich an die Rauhigkeiten der Schale anklammern konnte. „Hierdurch war die Möglichkeit für eine geringere Involution und erhöhte Beweglichkeit gegeben, da die dorsalen Arme die Schale seitlich umfassen konnten. Das Auftreten eines dorsalen Mündungsausschnittes für die Rückenarme fällt durchgängig mit der Trachyostrakie zusammen."

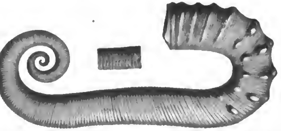
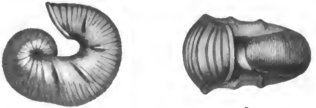


Fig. 84. Ancyloceras Renauxianus D'Orbigny. Aus der unteren Kreide (Neocom). Die Wohnkammer ist lang gestreckt, dann gegen die Spirale zurückgebogen. (Nach D'Orbigny.)



A B

Fig. 85. Scaphites aequalis Sowerby. Aus der oberen Kreide (Cenoman). A von der Seite, B von oben. Die Wohnkammer ist erst gestreckt und wächst dann gegen die Spirale zurück. (Nach D'Orbigny.)

Die sog. Nebenformen (Fig. 84, 85) entstehen durch dasselbe Bestreben nach freierer Bewegung. Die Auflösung der Umgänge gestattete eine freiere Bewegung nach hinten. Sie wurde durch Streckung der Wohnkammer eingeleitet; sobald aber auf dem gestreckten Theile Luftkammern zu liegen kamen, wurde die Zerbrechlichkeit der Schale so erhöht, dass das Thier sich gezwungen sah, gegen die Spirale zurückzuwachsen. Bei Scaphites legt sich der zurückgekrümmte Theil häufig wieder an die Spirale an; die nach innen liegenden Ausschnitte der Mündung sind sehr tief. „Nur wenn wir uns das Ammonitenthier mit verlängerten Armen versehen vorstellen, wird uns die Bildung der Nebenformen verständlich." Ihre Entstehung ist häufig durch Reduc-

tion und Vereinfachung der Loben begleitet; da die Lobenlinie die hintere Grenze des Haftmuskels angiebt, so liegt hierin der Beginn der Loslösung der Muskeln aus der Schale angedeutet. Eine Untersuchung der Muskulatur bei Octopoden ergiebt eine Vertheilung, die in Analogie mit den Hauptloben der Ammoniten steht; eiu unpaarer Bauchmuskel entspricht dem Aussenlobus, die beiden seitlichen Muskeln, welche die Thätigkeit des Trichters regeln, den Lateralloben, das unpaare, muskulöse Nackenband dem Innenlobus.

Die Schale von Argonauta kann ihrer Structur nach nur mit der äusseren (porcellanartigen) Schicht der Ammoniten verglichen werden, die von der Körperoberfläche abgesonderte Perlmutterschicht fehlt. „Wenn ein Ammonitenthier seine Haftmuskeln und das Haftband aus der Schale löste, so war dem Wasser freier Zutritt zu dem von der zarten Bildungshaut umschlossenen Theile des Körpers ermöglicht. Um denselben gegen Beschädigung zu schützen, dehnt sich die Chromatophoren führende Oberhaut und die Muskelmasse über der Bildungshaut um den ganzen Körper herum aus. Perlmuttersubstanz, aus welcher die innere Auskleidung der Schale und die Scheidewände bestehen, kann aber nicht von der pigmentirten Oberhaut des Mantels erzeugt werden."

Aus den hier skizzirten Gründen folgert Steinmann in geistvoller Weise, dass die Octopoden die ihrer Schale verlustig gegangenen Nachkommen verschiedener Ammonitenfamilien seicu, und dass mit dieseu zugleich der Stamm der Octopoden bis ins Devon zurückverfolgt werden kann, wo sie in Bactrites sich mehr und mehr den orthocerenartigen Nautiliden nähern. Für alle drei noch lebenden Stämme, die Nautiliden, die Octopoden und die Decapoden, ist ein monophyletischer Ursprung gemeinsam, der aber weit zurück, in den Endoceratiden, gesucht wird.

Es ist hier nicht der Ort für eine eingehende Discussion dieser Ansicht, doch muss auf einige Bedenken allgemeinerer Natur aufmerksam gemacht werden. Der Vorgang der Loslösung ist es, der am schwersten zu entwickeln ist, ganz abgesehen von dem zweckbewussten, von der Trias bis zum Tertiär nicht ausser Acht gelassenen Streben der Ammonitidier, sich einer Schale zu entledigen, welche sie nach anderer Auffassung durch Ausbau der Lobenlinien immer fester zu halten bemüht sind. Sobald die rauh skulpturirten Ammoniten als die ersten Träger dieser Tendenz aufgefasst werden, kann man den Vorgang nicht mehr als nur in einzelnen genetischen Linien wirksam hinstellen, sondern es ist dann eine breit angelegte Bewegung, welche die Triasammoniten in nackte Octopoden umzuwandeln strebt. Schon Würtenberger u. A. haben die Nebenformen der Ammoniten mit der Aus-

bildung von Stacheln am Aussentheile in Verbindung gebracht, allerdings in ganz anderer Motivirung. Derselbe Einwurf lässt sich aber hier wie dort machen, dass es nämlich auch Nebenformen unter den glatten Nautiliden giebt, welche die geschlossene Spirale wieder aufgeben, z. B. die silurischen Lituitiden. Die silurischen Nautiliden besassen wohl sämmtlich lange Rückenarme an Stelle der Capuze, und es besteht eigentlich kein Grund, den Ammoniten eine Einrichtung als ursprüngliche zuzuschreiben, die wir bei dem lebenden Nautilus unter die Kategorie der Anpassungserscheinungen bringen, als Verwachsung erklären. Internausschnitte für die Arme finden sich daher auch bei vielen anderen als trachyostraken Gruppen, auch lehren Formen, wie Macrocephalites und Oleostephanus, dass die Herausbildung der Skulptur nicht mit der Verringerung der Involution Hand in Hand geht.

Was nun den Vorgang der Loslösung anbetrifft, so kann man doch nur, wie auch Steinmann, annehmen, dass derselbe sich sehr langsam vorbereitete. Die Haftmuskeln, die sich in der Schale nach vorn verschieben, werden reducirt und verlieren schliesslich die Fühlung mit der Innenwand der Schale, sodass das Wasser den ganzen Körper umspülen kann. Das kann sich zunächst nur auf die Wohnkammer des erwachsenen Thieres erstrecken und wird durch progressive Vererbung in immer früheren Lebensstadien eintreten, bis es überhaupt nicht mehr zur Ausbildung von Luftkammern und Perlmutterschicht kommt. Solche Zwischenstadien kennt man aber nicht; auch die hochsenonen Scaphiten sind vielkammerig und sind bis zur Mündung dick mit Perlmutter ausgekleidet, sodass von einer Umspülung des Körpers hier noch nicht die Rede sein kann. Argonauta ist zwar erst pliocän bekannt, aber nach allem, was wir über die Veränderung der Molluskentypen während des Tertiärs kennen, genügt diese Zeit nicht, so einschneidende Aenderungen herbeizuführen. Man müsste wohl bis weit über die Kreide zurückgreifen, wodurch wieder ein Theil des Beweismateriales verloren geht.

Auch andere Punkte sind noch zu klären, ehe man die Hypothese als garantirt betrachten kann. Das Männchen von Argonauta hat eine später resorbirte Embryonalschale, deren Beziehungen zu dem sog. Embryonalaufange der Schale des Weibchens unbekannt sind. Von Cirroteuthis wird eine innere Schale angegeben, von Octopus dünne, dem Rückenintegumente eingelagerte Plättchen.

Das sind Schalenrudimente, wie sie nur in der Ontogenese zurückbleiben, wenn dem Thiere die Schale nutzlos geworden ist. Die absondernde Thätigkeit wird herabgesetzt, die Grösse der Schale reducirt, diese selbst zuweilen durch Umwachsung mit dem Mantel in das Innere einbezogen. Ein

Analogon zu dem construirten Falle, dass ein Weichthier seine Schale lästig für die Beweglichkeit findet, sich von ihr ablöst, sie aber doch als temporär nützlich nicht verlässt und nach dem früher geübten Muster weiter ausbaut, jedoch mit anderen Organen — giebt es nicht. Der Uebergang von beschalten Ammoniten in nackte oder mit rudimentärer, selbst innerer Schale versehene Tintenfische hätte für die Auffassung eines Naturforschers, der auf dem Boden der Entwickelungsgeschichte steht, an sich keine Schwierigkeiten, aber diese wachsen stark an, wenn man die Schale des weiblichen Argonauta als Erbtheil von den Ammoniten zu betrachten gezwungen wäre. Vorläufig werden wir nach wie vor darauf verzichten müssen, uns vom Ammonitenthiere eine klare Vorstellung zu machen, denn auch die eine Zeit lang lebhaft discutirte Verwandtschaft mit den zehnarmigen Tintenfischen, unter denen Spirula noch gegenwärtig eine gyrocerasartige, aber innere Schale trägt, entspringt doch einer so weit zurückgelegenen Verbindung, dass für Folgerungen über das Aussehen des Thieres, die über die allgemeinsten, man möchte sagen bei allen Cephalopoden permanenten Verhältnisse hinausgreifen, eine feste Basis nicht mehr vorhanden ist.

Die Decapoden haben ein Paar Arme mehr als die Octopoden; man vergleicht es den Fühlern und hält es für spätere Zuthat; auch in vielen anderen Punkten sind die Decapoden offenbar jugendlicher als die Octopoden. Sie sind durchweg bessere Schwimmer als die Octopoden; Octopus selbst, der Polypus des Aristoteles, liegt mit Vorliebe kauernd auf dem Grunde, von dem er schwer zu unterscheiden ist, und folgt seiner Beute sogar auf den Strand, aber auch die im offenen Meere lebenden Philonexiden, denen der besprochene Papiernautilus angehört, sind, obwohl gute Schwimmer, doch nicht der pfeilschnellen Bewegungen fähig, die man an Decapoden bewundern muss. Kein schalentragender Cephalopode aus den alten Gruppen der Nautiliden und Ammonitiden, die, mit ihrem lufthaltenden Gehäuse und allein auf den Trichter als Bewegungsorgan angewiesen, mehr den pelagischen Strömungen folgen mussten als kräftig die Fluthen durchschneiden konnten, vermochte sich wohl mit ihnen zu messen, die ganz offenbar das Endglied einer auf stetige Erhöhung der Beweglichkeit gerichteten Anpassungstendenz sind. Auch die lebenden lassen sich in eine Stufenfolge ordnen, die den Grad der Annäherung an dieses Ziel ausdrückt. Die Oigopsiden stehen oben an; der cylindrische oder etwas abgeflachte Körper trägt nur hinten eine ausgeschweifte „Schwanzflosse", die wie eine Schiffsschraube gehandhabt wird. Zuweilen schnellen sich die Thiere im Eifer der Jagd oder von stärkeren Fischen gejagt, in gewaltigen Sätzen weithin über die Meeres-

fläche. Nur eine sehr schmale, hornige Schale liegt in der Rückenhaut als biegsame, federnde Stütze. Auch in der Grösse culminirt diese Gruppe; neben den kleinen Ommastrephes-Arten kommen Riesenformen, wie Architeuthis und Megateuthis vor, die zu den gewaltigsten Meeresthieren überhaupt gehören. An der Küste Neufundlands sind Exemplare gefunden, bei denen Kopf und Rumpf drei Meter, die Fangarme für sich neun Meter massen; kein Wunder, dass um diese Ungeheuer sich ein Sagenkreis gewoben hat.

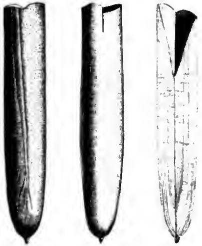
Unter den Myopsiden, deren Augenlinse von einer Hornhaut überzogen wird, schliessen sich die Kalmare oder Loliginiden als vortreffliche Schwimmer den Oigopsiden am nächsten an. Die Schale ist aber schon breiter, die Flosse reicht weiter nach vorn. Dann folgen verschiedene Zwischenstadien, wie Sepiola, Sepioteuthis, bis zu Sepia, dem gewöhnlichen Kuttelfische mit schmaler, umfassender Flosse und dicker, kalkiger Schale, dem officinellen Os sepiae oder weissem Fischbein. Der nach aussen gewölbte, nach innen concave Schulp läuft in eine kurze Spitze aus, die bei Sepia aculeata u. a. sogar die Mantelhaut durchbohrt, also frei zu Tage liegt; durch eine Grube ist dieser Stachel auf der Innenseite von der Schale getrennt, und eine ähnliche Grube findet sich auch am hinteren Ende der Hornschalen von Ommastrephes. Dass dieser Stachel und diese geringe Grube die letzten Reste des Rostrums und der Alveolarhöhle der Belemniten sind, ist allgemein anerkannt; der gekammerte Phragmocon, der noch einen Theil des Körpers umschloss und selbst noch, wie bei Nautiliden und Ammonitiden, von einem Sipho durchzogen wurde, bildete sich mehr und mehr zurück, während zugleich die Umhüllung der Schale durch den Mantel sich steigerte und der dorsale Theil des Proostracums zu einer Art Rückenachse verlängert wurde. Die morphologische Entwickelungsreihe spannt sich zwischen die beiden Pole Aulacoceras, resp. andere triassische Belemnitidier mit grossem, Orthocerasähnlichem Kammertheile und kleinem Rostrum, und Loligo oder Ommastrephes, wo als letzter Rest der Schale ein federförmiges Blatt den Rücken versteift. Die Kammern sind verloren, weil der Körper sich ganz aus der Schale herausgearbeitet hat, das Rostrum, weil es die Elasticität des Körpers hemmt. Diese Tendenz bestimmt das Schicksal der Schale; das Proostracum blieb erhalten und wurde weiter metamorphosirt, weil es bei der schwimmenden Lebensweise als nützlich empfunden wurde.

Phylogenetisch ist dieser Vorgang nicht so leicht zu übersehen; unsere Kenntniss der Mittelglieder ist lückenhaft, auch gehen von den Anfangsformen viele Reihen mit etwas anderer Entwickelung aus, wodurch die Uebersicht erschwert wird. Die wichtigste und bekannteste dieser Reihen sind die

Belemniten (Fig. 86), die durch das ausserordentlich starke Rostrum sich auszeichnen, aber auch den gekammerten Phragmacon und den Rückenschulp (Proostracum) in völliger Ausbildung zeigen. Sie starben Ende der Kreidezeit aus und zwar mit Formen (Belemnitella, Actinocamax), bei denen das schwere, dicke Rostrum den Phragmocon weit überwiegt (Fig. 87). Die starken Gefässeindrücke



Fig. 86. Belemnites paxillosus Schloth.
Aus dem mittleren Lias. Rückenseite der Scheide (nach D'Orbigny).



A B C

Fig. 87. Belemnitella quadrata Blainv.
Aus der oberen Kreide (Untersenon). A von der Seite, B von der Bauchseite aus, C Längsschnitt (nach D'Orbigny).

lassen erkennen, dass der umschliessende Mantel grosse Zufuhr von Nahrungsstoff verlangte, durch dessen einseitige Verwendung für hypertrophe Organe das Ganze litt, doch reichen einige verwandte Nebenlinien noch ins Tertiär. Sehr früh trifft man aber auch Formen, bei denen die Scheide verkümmert. Der regelmässig gekammerte Phragmocon mit ventralem Sipho trennt

sie von den Chondrophora als eine genetisch ältere Entwickelungsstufe. Phragmoteuthis aus der oberen Trias ist von Aulacoceras schon so weit entfernt, dass man den gemeinschaftlichen Ursprung in viel älteren Schichten wird suchen müssen. Im unteren Lias erscheinen nun mit Acantoteuthis echte, krallentragende Onychoteuthidae mit hornigem Schulp ohne Phragmocon, den selbst vom Menschen gefürchteten pelagischen Krallenkalmaren der südlichen Halbkugel sehr ähnlich. Aber auch diese wurzeln in Formen mit grossem Phragmocon, wie die krallentragenden Exemplare von Belemnoteuthis andeuten; auch die Ausbildung der Krallen an den Armen neben den Saugnäpfen reicht also noch über den Lias zurück.

Der überwältigenden Menge der Cephalopoden und überhaupt den Mollusken gegenüber spielen die Reste von Crustaceen keine grosse Rolle, und doch erweisen sich auch hier die jurassischen Schichten, insbesondere die Kalke des weissen Jura, als wichtige Quellen für ihre Stammesgeschichte. Die Merostomata sind auf die Gattung Limulus zurückgegangen, die schon in der Trias erschien und bis in die Gegenwart fortsetzt. Erwähnenswerth ist unter den Isopoden die eigenartige Gattung Urda, die gegenwärtig keine näheren Verwandten mehr besitzt, und verschiedene Vorläufer der Aegiden, wie der im Purbeck häufige Archaeoniscus, unter den Stomatopoden die Gattung Sculda, und schliesslich sehr zahlreiche echte Krebse (Macrura), die sämmtlich damals noch Bewohner des Meeres waren. Die Krabben haben sich noch nicht deutlich abgezweigt, doch wird die kleine jurassische Gattung Prosopon ihnen gewöhnlich zugerechnet.

Die Fische sind in keiner Formation mannigfaltiger, wenigstens in Bezug auf die grösseren Abtheilungen, vertreten. Es fehlen nur die alterthümlichsten, abschweifenden Formen, während sich dafür die Teleostier kräftiger geltend machen. Unter den Selachiern finden sich neben den alten Hybodonten echte Lamniden, Squatiniden und Rochen, neben den letzten Trachyacanthiden (Prognathodus) die ersten Chimaeren. Die Liasschiefer Englands und Schwabens, der obere Malm und Purbeck haben prächtige Schmelzschupper geliefert, sogar noch echt heterocerke, den Palaeonisciden des Perms verwandte Formen (Cosmolepis, Thrissonotus), und mit ihnen zusammen treten vom Lias an heringsartige Knochenfische in grossen Massen auf. Dass diese durch einige, vom lebenden Typus abweichende Merkmale sich enger mit den Amiaden verknüpfen, die man den Ganoiden zuzutheilen pflegt, ist nur das, was zu erwarten stand. Die Ganoiden sind eine gänzlich incohärente Gruppe und enthalten neben Ordnungen, die den Teleostiern sehr fern stehen, auch die unmittelbaren Vor-

fahren der Knochenfische. Mit anderen Worten, dieselbe phyletische Linie konnte zuerst zu den Ganoiden, später zu den Teleostiern gehören, und es ist nicht unwahrscheinlich, dass mehrere solcher Linien existiren, aber die lebenden Knochenfische sind wohl sämmtlich monophyletischer Ableitung. Wenn Amia auch nicht als echter Knochenfisch bezeichnet werden kann, so ist doch die Auffassung wohl berechtigt, dass ihre mit den jurassischen Clupeiden etc. zusammenlebenden Vorfahren mit diesen einer Abstammung sind und dass diese Urformen immerhin Amia ähnlicher waren als den Clupeiden. In wie weit die eigenartige Gruppe der Crossopterygier eine Verbindung auch mit den Dipnoern anbahnt, kann hier nicht erörtert werden. Wir geben in Fig. 88 eine von Reis auf Grund sorgfältiger Studien zusammengestellte Reconstruction der Undina acutidens aus dem weissen

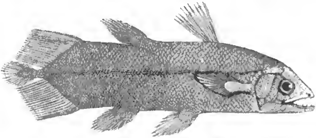


Fig. 88. Undina acutidens Mstr.
Aus dem oberen weissen Jura von Solenhofen. Reconstruction von Reis. Etwa ⅓ natürl. Gr.

Jura, des am besten gekannten Vertreters der ausgestorbenen Coelacanthinen. In die Gegenwart ragen die Crossopterygier nur mit der in vieler Beziehung interessanten Gattung Polypterus hinein, die im Nil, Senegal und anderen Flüssen Afrikas vorkommt. Bezeichnend sind für alle die quastenförmigen Brust- und Bauchflossen, für die Coelacanthinen die symmetrisch ausgebildete Schwanzflosse, welche noch in eine kleine Pinselflosse ausläuft; hinzu treten natürlich noch viele Merkmale des inneren Skelettes.

Wir können unsere Uebersicht der Thierwelt des Jurameeres nicht beschliessen, ohne der grossen Reptilien zu gedenken, welche die unbestrittenen Herren der Gewässer waren und sich auch im Bau ihres Körpers der ausschliesslich marinen Lebensweise aufs beste angepasst hatten. Sie finden sich besonders in den Schiefern und Thonen des untern und obern Lias, so in Whitby und Lyme regis in England, bei Holzmaden, Banz etc. in Süddeutschland. Die Teleosaurier sind die ersten echten Crocodiliden; ihre Aehnlichkeit mit dem Gavial des Ganges fällt so in die Augen, dass es

den älteren Osteologen und Palaeontologen nicht zum Vorwurf gereicht, den „Gavial" von Boll und den „Gavial" von Honfleur mit der lebenden Gattung vereinigt zu haben. Die Gaviale sind diejenigen unter den lebenden Crocodiliden, welche in ihrer Lebensweise noch die vollkommenen Wasserthiere geblieben sind; die kleinen Vorderextremitäten an den Leib gepresst durchfurcht ihr riesiger Körper den Fluss mit ausserordentlicher Schnelligkeit, nur von der Kraft des muskulösen Schwanzes getrieben. Die Vorderbeine sind bedeutend kleiner als die Hinterbeine, und bei den fossilen Teleosauren ist das Missverhältniss noch viel grösser; bei den amphibisch lebenden Krokodilen, noch mehr bei den Alligatoren, die gern nächtliche Streifzüge auf das Land unternehmen, ist der Contrast weniger auffallend. Sie sind auf dem Lande durchaus nicht unbeholfen und laufen sehr schnell; die Teleosaurier hätten das nicht gekonnt, ihnen dienten die kurzen Vorderbeine beim Greifen und Zerreissen der Beute, allenfalls, um sich an einem Felsen in die Höhe zu richten oder auf das Ufer zu schieben. Auf einige osteologische Unterschiede zwischen den jurassischen und den lebenden, resp. tertiären Krokodilen und deren Bedeutung komme ich an anderer Stelle nochmals zurück.

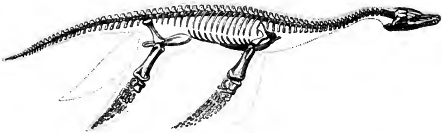


Fig. 89. Plesiosaurus macrocephalus Owen.
Reconstruction nach R. Owen. Aus dem unteren Lias von Lyme regis, England.

Viel einschneidender hat das Leben im Meere die Gliedmassen der Plesiosaurier (Fig. 89) umgestaltet, die offenbar bei der Fortbewegung in viel stärkerem Masse gebraucht wurden als die der Crocodiliden. Selbst bei den Teleosauren blieben die Füsse, trotz des vorwiegenden oder ausschliesslichen Aufenthaltes im Wasser, Schreitfüsse mit schlanken Röhrenknochen und spreizenden, krallenbewehrten Zehen; die Propulsionskraft beim Schwimmen musste der Schwanz hauptsächlich übernehmen, und wiederum, weil dieser der Propeller war, drängten die Anforderungen der Lebensweise nicht gebieterisch auf Umformung der Gliedmassen. Schon bei den triassischen Sauropterygiern verläuft die Umformung der Gliedmassen in einer Richtung, die sie weit

von den Crocodiliden entfernt und direct zu den Plesiosauriern überleitet. Humerus, Femur und die anderen Beinknochen werden derber und verkürzt; zugleich nehmen Radius und Ulna, Tibia und Fibula eine characteristische Krümmung an, sodass ein elliptischer Raum von ihnen gleichsam umrahmt wird. Carpal uud Tarsalknochen sind flach und schliessen sich eng aneinander, die Zehen haben ihre Krallen verloren. Das sind alles Umgestaltungen, die darin terminiren, ein möglichst vollkommenes Ruderorgan herzustellen, dessen Schaufel breit, dessen Stiel kurz ist, und das wie ein einheitliches Instrument gebraucht werden kann. Dieses Endziel ist bei Plesiosaurus in fast vollkommener Weise erreicht. Humerus und Femur sind enorm dick und kräftig, Ulna und Radius, resp. Tibia und Fibula breit und kurz und nebst dem eng geschlossenen Carpus und Tarsus mit den flachen Phalangen in eine Ebene gelagert. Die Strahlen der Finger sind verlängert und zwar in viele Phalangen getheilt, aber ohne gegenseitige Gelenkung; da die ganze Hand von einer festen Haut wie in einen Handschuh eingeschlossen war, so bildete das Ganze nur eine, besonders senkrecht zur Fläche elastische, aber in ihrem Gefüge nicht verschiebliche Platte.

Indem die Coracoide sich unter der Brust, Pubis und Ischia unter dem Unterleibe zu gewaltigen Knochenflächen ausdehnen, bieten sie dem Ansatz der Rudermuskeln einen ähnlichen Stützpunkt wie das Sternum der Vögel den Flugmuskeln. Durch seine vier mächtigen Schaufeln konnte der eigenthümliche Körper wahrscheinlich sehr rasch durch die Fluthen bewegt werden. Der Schwanz diente ihm nur als Steuer. Im Vergleich zu dem der Krokodile ist er verhältnissmässig kurz, vor allem aber bedeutend breiter, da die Schwanzwirbel auch noch Rippen tragen; besonders bei dem triassischen Lariosaurus fällt diese massive Bildung auf. Der Hals ist bekanntlich ungewöhnlich verlängert und trägt einen relativ kleinen, aber mit scharfen Zähnen bewehrten Kopf; wie die Schwäne ihren Kopf bald stolz erhoben tragen, bald mit untergetauchtem Halse den Grund der Flüsse und Teiche abspüren, so konnten auch die Plesiosaurier blitzschnell den Kopf in beträchtliche Tiefen versenken, wenn sie von oben herab das Meer nach Beute durchmustert hatten. Da bei einigen Riesen der Kreidezeit die Länge des Halses allein auf 20 Fuss anzuschlagen ist, so beherrschten diese Thiere einen beträchtlichen Umkreis und waren den Fischen jedenfalls furchtbare Verfolger.

In vieler Hinsicht analoge Umgestaltung der Gliedmassen zeigen die Ichthyosaurier, die man daher in früherer Zeit meist mit den Plesiosauriern als Enaliosaurier vereinigte, zugleich unter der falschen Annahme, dass die

Flossen dieser Thiere einen ursprünglichen Zustand der Extremitäten höherer Wirbelthiere darstellen. Der Vergleich, den man heute zu ziehen pflegt: Die Ichthyosaurier verhalten sich zu den übrigen Reptilien, wie die Wale zu den übrigen Säugethieren — ist ganz treffend; es ist zweifellos, dass die Vorfahren der Ichthyosaurier einmal Landthiere waren, und dass die durch Theilung einiger Finger, vulgo Vermehrung der Anzahl der Finger noch complicirter gebaute Flossenform ebenfalls aus dem normalen Schreitfuss der Reptilien abgeleitet werden muss. Auch hier ist bei triassischen Formen die Verkürzung von Radius und Ulna noch nicht so weit gediehen, und es folgt hieraus unmittelbar, dass das Ruderorgan ein Werk der Anpassung ist. Zum ersten Male begegnet man den Resten dieser vielgenannten Reptilien im tiefsten Muschelkalke und dann erst wieder im Rhät, während sie den dazwischen liegenden Horizonten vollständig zu fehlen scheinen. Die grossen Mengen der Ichthyosaurier, welche im unteren Lias von England, bei Lyme Regis und Street, eingebettet liegen, sind seit langer Zeit bekannt; von hier stammt ein Theil des Materiales, auf welches Koenig und Conybeare ihre Untersuchungen gründeten. Die gleichaltrigen Schichten anderer Länder kommen nicht in Betracht gegenüber dem Reichthum der genannten Oerter an wohlerhaltenen Exemplaren. Zur Zeit des oberen Lias wiederholt sich diese Anhäufung der Ichthyosaurenreste; Whitby in England, dann aber besonders die Gegend von Holzmaden in Württemberg, Banz und Altdorf in Bayern, Curcy in Frankreich sind jedem Palaeontologen geläufige Namen.

Eberhard Fraas, der neuerdings die schwäbischen Ichthyosaurier eingehend beschrieben hat, sagt von seinen vaterländischen Fundstellen: „Der Reichthum an Saurierresten in dieser Gegend ist ein ganz erstaunlicher und dürfte wohl jeden andern Fundplatz bei weitem übertreffen. Ausserdem zeichnen sich hier die meist im Zusammenhang gefundenen Skelette durch vorzüglichen Erhaltungszustand aus, sodass die Thiere in einzelnen Fällen geradezu musterhaft, wie auf dem Präparirtisch ausgebreitet, liegen. Von der Fülle und Massenhaftigkeit dieser Funde kann man sich einen annähernden Begriff bilden, wenn man an die vielen Hunderte von Skeletten denkt, welche sich zerstreut in allen Museen der Welt vorfinden, denn es giebt wohl kaum eine grössere Staats- oder Privatsammlung, in welcher ein Ichthyosaurus aus dieser Gegend fehlen würde. Nach den Angaben des an Ort und Stelle ansässigen Sammlers und Präparators, Herrn Bernhard Hauff, darf die Zahl der Ichthyosaurier, welche jährlich gefunden werden, etwa auf 150 bis 200 berechnet werden, wovon immerhin gegen 20 so gut erhalten

sind, dass es sich lohnt, die mühsame Arbeit des Präparirens zu übernehmen. Schlecht erhaltene und stark verworfene Skelette werden überhaupt nicht geachtet, sondern vollständig in den Abraum geworfen oder nur zum Präpariren einzelner Skeletttheile verwendet." Das Hauptlager ist ein weicher Schiefer, dessen oberste Schichten zuweilen als sog. Kloake, als Knochenbreccie entwickelt sind. Ein anderer an Resten reicher Horizont liegt etwas tiefer, unter dem „Stinkstein", aber die Saurier sind hier wie Mumien fest eingehüllt und können aus dem splitterharten Gestein nicht ausgearbeitet werden.

Selbst in Schwaben sind die Ichthyosaurusreste nicht gleichmässig verbreitet, sondern an einzelnen Localitäten angehäuft, an anderen sehr selten. In Norddeutschland bergen unsere Posidonienschiefer nur zerstreute Fragmente. Aehnliche Beobachtungen gelten auch für andere Länder. Die Ichthyosaurier lebten gesellig in Herden wie die Tümmler und Walfische unserer Meere und hielten sich mit Vorliebe in bestimmten ruhigen Buchten des Liasmeeres auf, wo die Jagd auf Tintenfische und Ganoiden reiche Beute ergab. Nicht selten findet man den Mageninhalt, der sich zwischen den Rippen erhalten hat, ganz dunkel gefärbt von den Tintenbeuteln jener Cephalopoden und mit Schuppen gefüllt. Man hat auch Exemplare entdeckt, wo in der weiten Bauchhöhle ein oder mehrere ganz kleine Ichthyosaurier-Skelette lagen. Es liesse sich darüber streiten, ob das grosse Thier die Jungen gefressen hatte, oder ob man es mit einem Falle des Lebendiggebärens unter Reptilien zu thun hat; aber da die Kleinen immer in gleicher Weise gegen den Anus des Mutterthieres orientirt sind und da uns E. Fraas sogar einen kleinen Embryo beschrieben hat, der noch die foetale Krümmung zeigt, so lässt sich wohl an der Viviparität nicht zweifeln. E. Fraas hebt auch mit Recht hervor, dass diese vollkommen zu Seethieren gewordenen Reptilien gar nicht in der Lage waren, ihre Eier ablegen zu können, und dass die Viviparität eine nothwendige Folge der Anpassung an das Wasser war. Denselben Schluss muss man natürlich auch für die Plesiosaurier gelten lassen, wo derartige Funde noch nicht gemacht siud.

Schon vor langer Zeit beschrieb R. Owen den seltenen Fall, dass an einer Ichthyosaurusflosse der Contour der Weichtheile noch deutlich sichtbar war, ebenso die Runzelung der Haut, welche die Finger umschloss; ähnliches konnte E. Fraas berichten. Am Vorderrande der Flossen machten sich Spuren von Hornschildern bemerklich, vielleicht der letzte Rest der Schuppen, mit denen die landbewohnenden Ahnen bekleidet waren. Neuerdings ist nun

ein ganz unerwarteter Fund gemacht, nämlich ein Exemplar, an dem sich der ganze Umriss des Körpers feststellen liess. Durch diesen von E. Fraas in einer vorläufigen Notiz bekannt gegebenen Fund sind unsere Vorstellungen über das Aussehen des Thieres in wesentlichen Punkten geändert und besonders werden die eigenartigen Rückenflossen wohl allgemeines Erstaunen hervorgerufen haben. Beim Ichthyosaurus wirken Flossen und Schwanz gemeinsam als Bewegungsorgane. Die Vorderflossen sind fast ebenso mächtig wie bei Plesiosaurus und gelenken an einem sehr soliden Schultergürtel; die Hinterextremitäten sind viel kleiner, der Beckengürtel ist auffallend schwach. Sie sind durch die kräftige Propulsionskraft des Schwanzes fast



Fig. 90. Ichthyosaurus communis Conybeare.
Aus dem unteren Lias von Lyme regis, Dorset. Ganzes Skelett, die Umrisse des Körpers restaurirt nach R. Owen. Stark verkleinert.



Fig. 91. Ichthyosaurus quadriscissus Quenst.
Aus dem oberen Lias Schwabens. Reconstruirt nach E. Fraas. (Die Platten des Augenringes sollten nicht sichtbar sein, da sie in die Sclerotica eingeschlossen waren.) Stark verkleinert

ausser Function gesetzt. Nichtsdestoweniger ist die Umformung der Phalangen ganz correlat der Metamorphose des Vordergliedes. Man kann zweifelhaft sein, ob man dies als eine durch die Anpassung des homodynamen Gliedes hervorgerufene Reflexerscheinung zu erklären hat, oder ob man annehmen soll, dass anfänglich alle vier Flossen wie bei Plesiosaurus gleichmässig arbeiteten, und dass erst durch die stärkere Heranziehung des Schwanzes die Verkümmerung des Beckengürtels, die Verkleinerung der Hinterflossen eingetreten ist. In der Art der Bewegung glichen die Ichthyosaurier am meisten den Cetaceen; mit diesen theilen sie auch die starke Verkürzung des Halses. Während die Plesiosaurier aus der Höhe in das Wasser hinabschauten, bewegten sich die Ichthyosaures ganz eingetaucht in dem Medium, wie die

Fische und wie die Cetaceen. Eine breite Verbindung des Kopfes mit dem Thorax ist hei den schiessenden Bewegungen dieser Thiere die mechanisch bessere Construction, zumal das Medium ein völliges Herumwerfen des Körpers und durch Bewegungen in toto dasselhe zu erreichen ermöglicht, was ein Landthier durch Behendigkeit des Halses erzielt. Auch die grossen Augenhöhlen, der breite Scleroticalring und die nach hinten gerückten Nasenlöcher characterisiren das echt marine Thier.

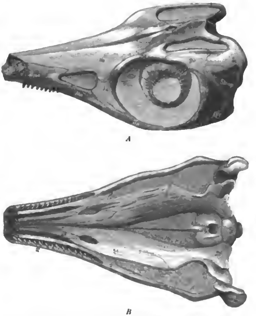


Fig. 92. Ichthyosaurus Zetlandicus Seeley. (Nach E. Fraas.) Aus dem oberen Lias von Curcy b. Caen. *A* schräg von der Seite, *B* von der Gaumenfläche gesehen. $^1/_4$ natürl. Gr. *Pa* = Scheitelbein, *F* = Stirnbein, *Na* = Nasenbein, *Pmx* = Zwischenkiefer, *Mx* = Oberkiefer, *La* = Thränenbein, *Prf* = Vorder-Stirnbein, *Ptf* = Hinter-Stirnbein, *Pto* = Hinter-Augenbein (Postorbitale), *Sq* = Schuppenbein (Supratemporale nach Baur), *Stemp* = Supratemporale, Ueberschläfenbein (Schuppenbein nach Baur), *Qu* = Quadratbein, *Qj* = Quadratjochbein, *Ju* = Jochbein', *Ob* = unteres Hinterhauptbein, *Sph* = Keilbein, *Pt* = Flügelbein, *Pr* = Querbein, *Pa* = Gaumenbein, *Vo* = Pflugscharbein.

Dass die Ichthyosaurier nicht das gesuchte Bindeglied zwischen Reptilien und tiefer stehenden Wirbelthieren sind, wissen wir, was aber ihre Abkunft betrifft, so sind wir vorläufig auf Hypothesen angewiesen. Gerade diejenigen Eigenschaften, welche ihnen ein so characteristisches Gepräge verleihen, würden uns auf der Suche nach ihren Vorfahren irreleiten. Sieht man von diesen ab, so bleibt ein Rest von Merkmalen, die nach einer bestimmten Richtung nicht hinzuweisen scheinen. Die Reptilien der palaeozoischen Zeit, die uns bis jetzt bekannt geworden sind, sind ausschliesslich terrestrische Typen, und als solche wiederum in anderer Weise umgeformt und von dem reptilischen Prototyp entfernt. Kurz, hier sind Schwierigkeiten über Schwierigkeiten zu überwinden, die erst glückliche Funde aus dem Wege räumen werden.

Viel Gewicht wird mit Recht der Bildung des Schädels beigelegt. Auch hier muss man aber die Streckung der Schnauze, die ungewöhnliche Ver-

längerung der Zwischenkiefer, die Grösse der Augenhöhlen nebst dem Scleroticalringe und die zurückgedrängten Nasenlöcher als secundäre Umformungen zunächst ausscheiden. Wichtig ist besonders der Bau der hinteren Schädelgegend, das Vorhandensein eines grossen Postorbital-Knochens hinter der Augenhöhle, eines Supratemporale zwischen Scheitel- und Schuppenbein, die Form der im Gehörgange liegenden Columella auris, das stabförmige Epipterygoid, welches sich zwischen Gaumen- und Schädeldach spannt (Fig. 92 u. 93). Man wird vielfach Aehnlichkeiten mit Hatteria und ihren fossilen Verwandten finden, und auch die Bildung der Wirbelsäule und des Schultergürtels, sowie das Auftreten von Bauchrippen gewinnt unter diesem Gesichtspunkte an Interesse. Baur hält die Ichthyopterygier geradezu für Nachkommen landbewohnender Reptilien, welche den Rhynchocephalen sehr

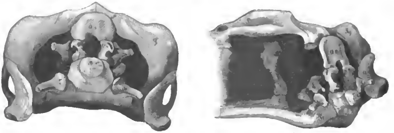


Fig. 93. Ichthyosaurus quadricissus Qu. (Nach C. Fraas.)
Reconstructionen nach Präparaten im herzogl. Museum zu Banz. ¼ natürl. Gr. *C* hintere Ansicht des Schädels, *D* Hintertheil des Schädels von der Seite aus aufgebrochen, um die Lage des knöchernen Ohres und die Columella zu zeigen. *O. s* = oberes Hinterhauptsbein. *O. l* = seitliches Hinterhauptsbein. *St* = Stapes, Columella auris, *Pr. o* = vorderes Labyrinthsbein, Prooticum, *Op. o* = hinteres Labyrinthsbein, Opisthoticum, *Co* = Flügelkeilbein (Columella, Epipterygoid).
Die übrigen Buchstaben wie in Fig. 92.

nahe standen. Ein Hinderniss, mich dieser Auffassung ganz anzuschliessen, finde ich, von allgemeineren Erwägungen abgesehen, in der Beschaffenheit der Rippen. Diese sind bei den Rhynchocephalen einköpfig, bei Ichthyosaurus deutlich zweiköpfig. Bei vielen Wirbelthieren, welche ausschliesslich im Wasser leben, sind die Rippen einfache, bogenförmige Spangen, so bei den Plesiosauren und den Bartenwalen; ihre Ableitung aus zweiköpfigen Rippen ist wohl sicher. Cope meint, dass der Gegendruck des Wassers, welches den Körper fast trägt und die Bauchwand stützt, die doppelte Articulation unnöthig macht. Dass umgekehrt die ursprünglich einfachen Rippen der Rhynchocephalen bei den ins Wasser eingewanderten Formen die festere, doppelte Gelenkung erhalten, ist viel unwahrscheinlicher.

Eine andere Ansicht, die neuerdings in Seeley einen mit grosser Sachkenntniss ausgerüsteten Vertheidiger gefunden hat, greift auf die Labyrin-

thodonten zurück, die dieser Gelehrte, wie vor langen Jahren H. v. Meyer, als eine primitive Gruppe des Reptilstammes ansieht. Viele der Charactere, die man sonst für die Verwandtschaft einer Reptiliengruppe mit den Rhynchocephalen anführt, erhalten in dieser Auffassung die noch allgemeinere Bedeutung eines Erbtheiles von den Labyrinthodonten her, das trotz der einschneidenden Anpassung bei den Ichthyosauriern ganz besonders zäh bewahrt ist; die Gestalt der Wirbel, der Rippen, der Postorbitalregion u. a. werden hierauf zurückgeführt. Dass die Ichthyosaurus-Zähne mit ihrem tief gefalteten Dentinkegel bis zu einem gewissen Grade labyrinthodont sind, ist schon öfter hervorgehoben. Gehören die beiden Gelenkhöcker des Hinterhauptes bei Mastodonsaurus u. s. w. thatsächlich, wie Seeley angiebt, zum Basioccipitale, so würde allerdings die Kluft zwischen ihnen und den Reptilien noch mehr verengert. Damit ist der alte Streit über die Stellung der Labyrinthodontier wieder erneuert, aber insofern noch verwickelter geworden, wie zu H. v. Meyer's und Burmeister's Zeit, als inzwischen eine Menge palaeozoischer Formen gefunden sind, die bei aller Verwandtschaft mit den eigentlichen Labyrinthodontiern doch besonders auch durch ihre lurchartige Metamorphose unzweideutig zu den Amphibien gehören.

Physiologische Merkmale sind für eine natürliche Classification nicht besonders geeignet. Sehr heterogene Gattungen der Gastropoden sind zur Lungenathmung übergegangen, und es war ein Fehler, sie als Pulmonata oder Lungenschnecken zu vereinigen.

Die in der Jugend auftretende primitive Kiemenathmung ist an sich kein Grund, ein Thier von dem Reptilienstamme zu entfernen, wenn sonst wichtige Uebereinstimmungen zu einer Vereinigung auffordern. Es hängt von biologischen Momenten ab, ob das Auftreten der Kiemenbogen in embryonale Stadien zurückgedrängt wird oder noch kurze Zeit in das eigentlich active Leben hineinspielt. Thatsache bleibt aber, dass alle lebenden Amphibien einige Zeit durch Kiemen athmen und dass alle lebenden Reptilien lungenathmend ihr Leben beginnen. Jene haben mit grosser Consequenz — lange geologische Perioden hindurch — eine Eigenschaft beibehalten, die schon zur Permzeit von den Reptilien abgestreift war. Die Geschichte macht hier die Wichtigkeit eines Merkmals, dessen Werth an sich strittig ist. Aus den Arbeiten von H. v. Meyer, Credner, Fritsch und anderen geht hervor, dass in palaeozoischer Zeit Reptilien und Amphibien nicht in der Weise voneinander geschieden waren wie heute. Die lebenden Batrachier sind zudem nur der degenerirte Rest einer früher viel entwickelteren Gruppe, während die Reptilien uns in einer Reihe specialisirter Endformen entgegen-

treten, denen fast ausschliesslich progressive Entwickelung ihr Gepräge gegeben hat. Gehen wir in das Perm zurück, so finden wir bei den Reptilien manches primitiver, bei den alten Amphibien sehen wir aber Charactere hervortreten, die eine, wenn man den Ausdruck anwenden will, höhere Stufe bedeuten und die wir eher bei den Reptilien erwarten würden. Dennoch ist die Scheidung der grossen Stämme schon damals vollzogen und die Differenzirung einiger Reptilienzweige, wie der Theromorpha und Anomodontier, schon so weit getrieben, dass man von permischen Mischformen zwischen Amphibien und Reptilien nur dann reden kann, wenn man die monophyletische Abstammung der Reptilien aufgiebt, und aus den permischen Stegocephalen nochmals einige Gruppen der Reptilien sich herausbilden lässt. Eine solche Ansicht stösst aber auf grosse osteologische Schwierigkeiten. Die Sache scheint mir eher so zu liegen, dass der eine oder andere Zweig der Stegocephalen, besonders derjenige, dessen Endglied die grossen Labyrinthodonten der Trias sind, sich durch stärkere Anpassung an das Landleben, Verknöcherungen u. s. w. äusserlich dem Habitus der Reptilien nähert, vielleicht auch die Kiemenathmung ganz aus der Ontogenese herausstösst, dass aber die Geschichte der Reptilien ihre ganz gesonderte Bahn durchlief, welche seit carbonischen Zeiten sich von der der Amphibien entfernt. Die Vorfahren der Ichthyosauren waren sicher Reptilien, wie sie selbst, ob vom Typus der Rhynchocephalen, kann nur die Zukunft lehren.

Das Land war während der ganzen Jurazeit von einem Pflanzenwuchs bedeckt, der noch ganz an die Physiognomik der triassischen Gewächse erinnert. Von den Thieren, die sich hier tummelten, weiss man weniger als von den marinen, aber doch genug, um sich das Leben in grossen Zügen vorstellen zu können.

Vom Sturmwind ermattet, vom Regen zu Boden geschlagen, gelangen viele Insecten, die auf der Höhe ihres Daseins die Luft durchschweben, in das Wasser und schliesslich in den Bodensatz der Seen. In dem braunen Schaume, welcher am Uferrand eines Teiches von den Wellen auf und ab bewegt wird, wird man neben einem wirren Haufwerk von Pflanzentheilen auch massenhaft die Reste landbewohnender Insecten, besonders Käferdecken finden. Aehnlich ist an flachen Meeresküsten das zusammengeschwemmte Seegras die Ruhestätte vieler Käfer, Heuschrecken oder Dipteren, die auf dem Meere verkamen. Nicht alle sind gleich erhaltungsfähig, und es würde ein müssiges Spiel sein, aus diesen zufällig zusammengewürfelten Resten die Zusammensetzung der Insectenwelt jener Gegend auch nur in groben Zügen zu ergänzen, oder Schlüsse auf das Vorwiegen oder Fehlen bestimmter

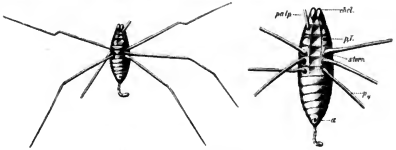
Gruppen zu machen. Unsere ganze Kenntniss der jurassischen Insecten erwuchs aus sehr wenigen Localitäten. Der Lias von England, von Dobbertin in Mecklenburg und besonders von den Schambelen im Kanton Aargau, die Schiefer von Stonesfield, einige andere Aufschlüsse des braunen Jura in England, die Schichten von Purbeck und die lithographischen Kalke Bayerns und Frankens sind die wichtigsten Quellen. Insofern die Bedingungen, unter denen diese Sedimente entstanden, recht verschiedene waren, erfahren wir an dem einen Orte mehr von dieser, an einem anderen mehr von jener Gruppe; so überwiegen im Schambelenlias bei weitem die Reste landbewohnender Käfer, während in dem feinen Kalkstein Solenhofens besonders Libellen, Eintagsfliegen, Wasserkäfer und grosse Cicaden erhalten sind. Da wir angesichts des hohen Alters der Insecten, das wir schon früher besprachen, auffallende Veränderungen in der jurassischen Zeit kaum zu erwarten haben, so dürfen wir diese verschiedenartigen Züge wohl zu einem Bilde vereinigen. Man fühlt sich umsomehr gedrängt, alle vorhandenen Daten möglichst auszunutzen, als wir eine recht gute Kenntniss der damaligen Flora, sagen wir wenigstens Europas, besitzen, und die Beziehungen zwischen Insecten und Pflanzen in der Gegenwart zu den kunstvollsten Geweben der gegenseitigen Beeinflussung geführt haben.

Es ist vorauszuschicken, dass auch nicht eine einzige der mesozoischen Familien der gegenwärtigen Schöpfung fremdartig gegenüber steht und dass sie uns zum Theil schon in bekannten Gattungen entgegentreten. Zählen wir die wichtigsten Angaben rasch zusammen. Da sind unter den Geradflüglern Ohrwürmer, Schaben, Feldheuschrecken, Laubheuschrecken und Grasheuschrecken, unter den Pseudo-Netzflüglern Termiten, Eintagsfliegen und Libellen, sogar mit der noch lebenden Gattung Libellula in England. Die grossen, von Schlamm umkleisterten und selten in ihren Formen deutlichen Libellen des Solenhofener Schiefers sind in Sammlungen weit verbreitet; bei den Steinbruchsarbeitern gehen sie als „Stangenreiter“ oder „Schladenvögel“. Echte Netzflügler sind durch Schlammfliegen, Florfliegen, Schnabelfliegen und Frühlingsfliegen vertreten, die Halbflügler sowohl durch die homopteren Blattläuse (Aphidae), Laternenträger (Fulgoridae), Kleinzirpen (Cicadellidae) und Singcicaden (Stridulantia), wie durch heteroptere Wasserwanzen (Nepidae), Kothwanzen (Reduviidae), Langwanzen (Lygaeidae), Randwanzen (Coreidae) und Schildwanzen (Cimicidae). Sehr zahlreich sind die Reste von Käfern, deren Familien wir hier nicht alle aufzählen wollen; hervorgehoben seien nur die zahlreichen Rüsselkäfer (Curculioniden), Prachtkäfer (Buprestiden), Schnellkäfer (Elateriden) und Laufkäfer (Carabiden), die

gegenwärtig nur auf Pflanzen lebenden Chrysomeliden und Bockkäfer (Cerambyciden), die pilzbewohnenden Mycetophagiden und die Gattung Melolontha aus dem englischen Lias. Gegen diese Fülle treten die Zweiflügler sehr zurück, jedoch sind Raubfliegen (Asiliiden) und sehr verschiedene Familien der Mücken, unter ihnen die Pilzmücken, sicher nachgewiesen. Schmetterlinge sind sehr selten und die Deutung der Reste nicht einwandsfrei; die meisten der angeblichen Sphingiden-Schwärmer von Solenhofen dürften grosse Singcicaden sein, und auch die Palaeontina des braunen Jura wird neuerdings so gedeutet. Dennoch sollen nach Assmann echte Sphingiden, Saniden und Pterophorus im Solenhofener Steine gefunden sein. Der Verbleib der Stücke ist leider unbekannt. Die nach Oppenheim zwischen Neuropteren und Schmetterlingen vermittelnden Rhipidorabden aus denselben Schichten gehören nach anderer Deutung zu den Holzwespen (Sirieiden) und wurden auch früher mit dem in diesem Falle passender gewählten Namen Pseudosirex beschrieben. Die erste Abzweigung der Schmetterlinge muss wohl in tieferen, älteren Schichten als oberjurassischen gesucht werden. Neben den Siriciden trifft man auch echte Ameisen unter den Hautflüglern, so die Gattung Palaeomyrmex schon im Schambelenlias.

Das cursorisch aufgezählte Material giebt in vieler Beziehung zu denken. Neben den Gruppen, die noch gegenwärtig zur mittel- und nordeuropäischen Fauna beisteuern, trifft man auf Typen, die heute als characteristisch für wärmere Länder gelten, wie die Buprestiden, die Singcicaden und Laternenträger, vor allem auch die Termiten. Aber man kann nicht sagen, dass sie irgendwie bestimmend hervortreten. Dann erscheinen solche, die man in engen Beziehungen zu lebenden Pflanzen zu sehen gewohnt ist, welche aus der Jurazeit unbekannt sind. Die Pilzmücken und Pilzkäfer sind vielleicht das schlagendste Beispiel; aus ihrem Dasein folgerte schon vor vielen Jahren der Altmeister Heer die Existenz jurassischer Pilze. Aber noch wichtiger erscheint mir, dass viele der im Jura vertretenen Insecten heute ausschliesslich oder fast den höheren Blüthenpflanzen nachgehen, die im Jura nicht gefunden sind. Soll man hieraus schliessen, dass solche auch damals existirten, aber noch nicht in fossilem Zustand gefunden sind, oder dass die Insecten nicht unlöslich an bestimmte Pflanzen gekettet sind? Nach den Erfahrungen über die Pflanzenwelt der nächst jüngeren Schichten, des Wealden und der unteren Kreide, ist wohl anzunehmen, dass die höheren Blüthenpflanzen schon zur Jurazeit existirten, aber nach der geographischen Vertheilung dieser Funde und nach unserer Erfahrung über die europäische Juraflora ist ebenso richtig zu folgern, dass solche Gewächse Europa noch fremd waren. Hier

herrschten die Nadelhölzer, Cycadeen und Farne noch wie zur Triaszeit. Daher ist auch der zweite der oben in Frage gestellten Schlüsse wohl gerechtfertigt. Dabei darf man nicht übersehen, dass die genannten Insectengruppen völlig in den Rahmen der für die Jetztwelt geschaffenen Diagnoseu passen und eine spätere Anpassung nur wenig an den gefestigten Merkmalen geäudert haben kann. Es ist ferner kaum anzunehmen, dass der Entwickelungsgang der Individuen oder die Metamorphose, wo sie vorhanden war, sich in anderer Weise vollzog, als sie gegenwärtig für dieselben Gruppen als typisch erkannt ist, obwohl nur sehr wenige jurassische Larvenformen fossil überliefert sind. Wo, wie im Schambelenlias, echte Ameisen oder, wie im Solenhofener Schiefer, echte Termiten (Termes heros, Apochrysa excelsa) auftreten, drängt sich die Frage auf, ob schon in jenen entlegenen Zeiten diese Thiere in jenem eigenartigen Gesellschaftsverbande mit seinen Conse-



A *B*

Fig. 94. Sternarthron Zitteli Haase var minor.

Eine Arachnidenform aus dem Solenhofener Schiefer. *A* von der Unterseite gesehen, *B* vergrössert. *chel.* = Kiefern, *palp.* = Taster, *stern.* = Sternaltheil, P_1—P_4 Beinpaare (das erste an diesem Stück nicht erhalten), *a* = Anus. (Nach Haase.)

quenzen für Arbeitstheilung und Geschlechter lebten, der heute unser Staunen hervorruft. Und sollte es sich bestätigen, dass schon die Pflanzen der oberjurassischen Küstenniederungen von Sphingiden umschwärmt wurden, so fragt es sich, ob deren Mundtheile schon jene weitgehende Umgestaltung erfahren hatten, die sie jetzt bestimmt erscheinen lässt, aus tiefen, engen Blumenkelchen den süssen Nectar zu saugen.

Noch sei ein eigenartiges Thier aus dem lithographischen Kalksteine hier erwähnt, das seiner äusseren Form nach an unsere Wasserläufer und auch an die mit ihm zusammen vorkommende fossile Chresmoda erinnert, nach Haase aber zu den Arachniden gehört (Fig. 94). An gut erhaltenen Stücken liess sich das Vorhandensein von 4 zur Bewegung dienenden Beinpaaren, Tastern und Kiefern, wodurch die Stellung bei den Arachniden gesichert ist, nachweisen,

Wegen der streng durchgeführten Gliederung der Sternalregion in aufeinander folgende, je ein Beinpaar tragende Segmente könnte man die Tartariden und Solpugen zum Vergleich heranziehen, aber weit auffälliger noch ist die Ähnlichkeit mit der erst 1886 entdeckten Koenenia, für die eine besondere Ordnung der Palpigradi errichtet werden musste. Wie bei diesen wurde der an sich harmlose Schwanzanhang nach Art der Scorpione auf den Rücken gebogen getragen, doch weichen immerhin die Opilionen-artigen Beine bedeutend ab. Isolirt wie Koenenia in der Jetztwelt steht Sternarthron im Jura; spätere Funde werden zu zeigen haben, wie weit die anscheinend nahe Verwandtschaft der beiden begründet ist, und ob hier die Reste einer einstmals bedeutenderen Abtheilung der Arachniden vorliegen.

Die Dinosaurier, deren erstes Auftreten, soweit uns bis jetzt bekannt, in triassische Zeiten fällt, nahmen besonders gegen Ende der jurassischen Periode an Bedeutung und Verschiedenheit der Formen zu. Im Grunde genommen, kann man die Dinosaurier in der Ausdehnung, welche die meisten Palaeontologen der Gruppe gegeben haben, nicht als verwandtschaftlich in sich geschlossene Ordnung der Reptilien betrachten, sondern es ist eine ziemlich willkürliche Vereinigung grosser, oft gigantischer Thiere, die bei ausschliesslich terrestrischer Lebensweise besonders auch in der Gestaltung der Gliedmassen Eigenschaften gewonnen haben, die bei den „Kriechthieren“ ungewöhnlich sind. Man könnte sagen, dass sie ebenso extrem dem Landleben angepasst sind, wie die Ichthyosaurier und Plesiosaurier dem flüssigen Elemente, wie die Ornithosaurier dem Fluge. Im Uebrigen sind sie in der äusseren Erscheinung und im Skelettbau untereinander sehr verschieden, und neben den riesigen Pflanzenfressern, welche an die ebenso ungewöhnlichen Formen der edentaten Säugethiere erinnern, existirten auch furchterweckende Raubthiere, deren dolchähnliche, am Rande nochmals gezähnelte Zähne auch in unseren Juraablagerungen nicht gerade selten sind (Megalosaurus). In Europa ist das schon zur unteren Kreide gerechnete, in Brack- und Süsswasser entstandene Wealden das Hauptlager ihrer Reste; in die jurassischen Meere wurden sie nur selten hinausgespült. Wir werden daher bei der Schilderung der Wealdenzeit eingehender auf die Dinosaurier zurückkommen und dort auch der berühmten nordamerikanischen Funde gedenken, welche am Ostabhange des Felsengebirges, besonders in Wyoming, in einer weithin verfolgten Schicht gemacht sind. Auf der Grenze zwischen Jura und Kreidezeit lagen dort ausgedehnte Binnenseen und brackische Gewässer mit einer schwachen Verbindung mit dem Meere, und die Gesteine, welche dort gebildet sind, können ihrer Entstehung und ihren Einschlüssen nach jedenfalls

am besten mit unserem Wealden verglichen werden, obwohl sie fast allgemein als oberjurassisch bezeichnet werden. Wenn wir in inconsequenter Weise die in denselben Schichten gefundenen Reste kleiner Säugethiere schon in diesem Capitel abhandeln, so geschieht es, weil diese sich auf das engste den im englischen braunen Jura und Purbeck gefundenen anreihen, und der faunistische Zusammenhang auf diese Weise am besten gewahrt bleibt.

Immerhin sind für die jurassische Zeit einige Gattungen der Dinosaurier so characteristisch, dass sie hier nicht übergangen werden können. Dahin gehört der gewaltige Cetiosaurus aus dem braunen Jura von Oxford und Caen, der in Körperhaltung und Knochenbau dem amerikanischen Brontosaurus (Fig. 101) nahe steht. Ein einzelnes Oberschenkelbein mass 1.70 m, ein Schulterblatt war 1.35 m lang; hiernach scheint die Gesammtlänge mit 12 m nicht zu hoch angeschlagen. Aehnlich ungeschlachte Gestalten bilden die Gattung Pelorosaurus, welche besonders im weissen Jura gefunden ist (P. humerocristatus). Scelidosaurus Harrisoni ward in einem fast vollständigen Skelett im unteren Lias von Dorset entdeckt, ebenfalls eine gewaltige Form von über 11 Fuss Länge, die als ältester Vertreter einer sehr für sich stehenden Gruppe, der Stegosaurier, betrachtet werden kann. Auch diese waren Pflanzenfresser wie die Cetiosaurier, aber die Vorderbeine sind so auffallend kleiner als die Hinterbeine, dass man annehmen muss, sie hätten nur letztere zur Bewegung, jene aber nur zum Herabzerren von Zweigen, zum Greifen oder zur Vertheidigung benutzt. Dass bei dieser Belastung der Hinterextremitäten der Bau des Beckens modificirt wurde, ist mechanisch erklärlich. Im Allgemeinen findet eine Annäherung an das Becken der Vögel statt, die in der Körperhaltung und schreitenden Bewegung ähnliche Voraussetzungen bieten. Alle Stegosaurier waren mehr oder weniger stark mit Knochenplatten bepanzert. Bei dem liassischen Scelidosaurus war der Körper vom Kopf bis zur Schwanzspitze in einer massiven Rüstung geborgen, bei den Stegosaurus-Arten des englischen Jura (Omosaurus) war der Panzer weniger geschlossen und derbe, doch verlief vom Nacken an über den Rücken eine paarige Reihe von dicken Knochenplatten; eine mittlere Reihe seitlich zusammengedrückter Platten bildete von der Beckengegend an einen gewaltigen Kamm und am Ende des langen Schwanzes erhoben sich noch 2—3 Paar riesiger Stacheln, von 60—70 cm Länge, mit denen der unbeholfene Riese zerschmetternde Schläge austheilen konnte.

Die schon genannten Megalosaurier waren die furchtbarsten Landraubthiere jener Zeit; statt der hufähnlichen Endphalangen der Cetiosaurier und

Stegosaurier sehen wir die Zehen mit scharfen, gekrümmten Klauen bewehrt, die Kiefer mit gewaltigen Fangzähnen besetzt. Die Thiere bewegten sich schreitend oder in grossen Sätzen auf den Hinterbeinen, wobei nur die Zehen den Boden berührten; an Beweglichkeit waren sie trotz ihrer Grösse den mit der ganzen Sohle auftretenden Stegosauriern oder gar den plumpen Cetiosauriern weit überlegen. Neben der Riesenform des Megalosaurus, dessen Femur allein einen Meter in der Länge mass, bewohnten aber auch kleinere Räuber die Wälder jener Zeiten, wie der kaum katzengrosse Compsognathus des Solenhofener Schiefers lehrt.

Allgemein bekannt sind die Pterosaurier, fliegende Reptilien der jurassischen Zeit, die man oft als Vorfahren der Vögel, zuweilen sogar als die der Fledermäuse auszugeben versucht hat. Es handelt sich aber nur um einen Seitentrieb des grossen Reptilienstammes, hervorgerufen durch die in der mesozoischen Zeit gewaltsam drängende Concurrenz in dieser Classe, welche auf dem Lande in den Dinosauriern, im Meer in den delphinartigen Ichthyosauriern und den schwanenhalsigen Plesiosauriern, später in den Mosasauriern, in Aestuarien und Binnengewässern in den Krokodilen die herrschenden Gestalten der Thierwelt stellten. Es ist sehr wahrscheinlich, dass die Pterosaurier der Jurazeit solchen Vögeln wie Archaeopteryx nicht allein an Körpergrösse und Bewaffnung, sondern auch an Schnelligkeit und Ausdauer des Fluges noch überlegen waren. Der Bau des Skelettes schmiegt sich den geforderten Functionen kaum weniger an als der eines Vogels. Viele Knochen sind pneumatisch im zoologisch-technischen Sinne des Wortes d. h. mit Höhlungen für die Ausstülpungen der Bronchien versehen, dünnwandig und von grossen Höhlungen durchzogen, welche, da sie nicht mit Fett und Mark gefüllt waren, das Gesammtgewicht herabsetzten, ohne die Festigkeit des Gerüstes zu vermindern. Der im Verhältniss zum Rumpfe riesenhafte Schädel ist aus zierlichen aber festen Knochen zusammengefügt, das Brustbein in einen kräftigen Kiel verlängert, an welchen die Flugmuskeln sich anhefteten. Die Glieder des fünften oder „kleinen" Fingers sind ebenso wie der den Finger stützende Metacarpus enorm verlängert und dienen einer von Sehnen durchzogenen Flughaut als Träger; dieser Apparat erinnert mehr an das Organ der Fledermäuse als an den Flügel eines Vogels. Die Flughaut, welche in den lithographischen Steinen Solenhofens zuweilen im Abdruck beobachtet ist, lief am Rumpfe entlang bis zu den Hinterbeinen und liess sich bei Rhamphorhynchus als schmaler Saum bis zum Ansatz des Fusses verfolgen. Die grösste Arbeit beim Aufspannen des Flügels hatte der Streckmuskel des kleinen Fingers

zu verrichten; die vier langen Phalangen, an denen die Flughaut einen starken Zug ausübte, mussten in eine Linie mit dem Metacarpus gestellt und in dieser Lage erhalten werden. Durch das ausgeprägte Rollengelenk am unteren Ende des Metacarpus, die schnepperartig übergreifende Verlängerung am oberen des ersten Fingergliedes wurde zugleich eine leichte Beweglichkeit erreicht und eine übermässige Rotation verhindert. Der Streckmuskel, welcher an diesem Schnepper einen ausgezeichneten Ansatzpunkt für seine Hebelarbeit fand, lief bis an den Schaft des Humerus herauf. Unter- und Oberarm sind stämmige, dicke Knochen, den entsprechenden des Hinterfusses sichtlich überlegen; ähnlich wirkt bei schwimmenden Säuge-



Fig. 95. Dimorphodon macronyx Owen.
Ein Pterosaurier aus dem unteren Lias von Lyme regis, England. Reconstruction nach R. Owen.

thieren die Ruderarbeit der Gliedmassen, die wie Schaufeln in gestreckter Lage gehalten werden, bis auf Femur und Humerus zurück (Fig. 95).

Trotz aller zweckdienlichen Einrichtungen des Skelettes und der Flughaut, die, was Grösse, Leichtigkeit und Undurchlässigkeit gegen Luft betrifft, sicher als treffliches Flugorgan zu bezeichnen ist, sind die Pterosaurier ausgestorben, und die Riesen der Kreidezeit, welche über 20 Fuss klafterten, von den zierlicheren Vögeln verdrängt, welche das anfänglich unbeholfene Flugvermögen zu dem denkbar höchsten Grade der Ausbildung gesteigert hatten. Da noch niemals bei einem Pterodactylus die geringste Spur einer Hautbekleidung gefunden ist, obwohl sie in denselben Gesteinen liegen, in denen das zarte Federkleid einer Archaeopteryx sich abgedrückt hat, so darf man wohl annehmen, dass sie nackthäutige und wie die übrigen Reptilien kaltblütige Thiere waren. Dies dürfte uns den Schlüssel für ihren Miss-

erfolg bei der Eroberung des Luftreiches bieten. Die zweckmässigste Mechanik des Knochengerüstes hätte den Vorsprung nicht auszugleichen vermocht, den die Vögel durch das wärmeschützende Federkleid, ja selbst die fliegenden Säuger durch die Behaarung besitzen. Die grosse Arbeitsleistung beim Fluge wie die Schnelligkeit der Fortbewegung an sich, die fortwährend neue Luftschichten mit dem Körper in Berührung bringt, die schnellere Oxydation des Blutes und die Erhöhung der Temperatur, die Ausbildung von Lungensäcken und die Pneumatisirung der Knochen, und schliesslich das Federkleid — alle diese Erscheinungen sind beim Vogel nicht nur nebeneinander vorhanden, sondern causal verbunden, und fallen z. Th. beim Reptil weg. Ihm fehlt die innere Wärmequelle und es ist in seinen Kraftleistungen von der Sonne abhängig. Daher sind die Reptilien durch die Säugethiere aus den Gegenden kälteren Klimas verdrängt, durch die Vögel im Wettbewerb um den Vorsprung, den das Flugvermögen über andere Thiere zweifellos verleiht, geschlagen. Dabei möchte ich annehmen, dass sich zuerst die Befiederung und zwar mit Dunenfedern entwickelt hat, und dass erst auf dieser Basis der eigentliche Typus des fliegenden Vogels entstehen konnte. Ob die Laufvögel, unsere Strausse, Kasuare, Emus und die subfossilen Moas jenen Urtypen näher stehen, als die Flugvögel oder Carinaten, oder ob sie auf einem Umwege durch Verkümmerung der Flügel aus diesen hervorgegangen sind, lasse ich dahingestellt, obwohl ich der letzteren Ansicht mehr zuneige. Sicher ist, dass der älteste uns bekannte Vogel (die Fährten auf dem triassischen Sandstein von Connecticut können als irgendwie beweisend nicht herangezogen werden), die bekannte Solenhofener Archaeopteryx, ein Flugvogel mit Schwung- oder Contourfedern ist und darum mit Recht von Dames den Carinaten zugezählt wird, bei denen allein diese Federn gefunden werden und bei denen die Gewohnheit des Fluges den Kiel des Brustbeines, die Carina, als Ansatzstelle mächtiger Muskeln hervorgerufen hat, nach dem sie genannt werden. Allerdings ist das Brustbein der Archaeopteryx ungenügend bekannt, aber wenn irgendwo Cuvier's Gesetz der Correlation der Organe, das leider oft ein unzuverlässiger Führer ist, Anwendung finden darf, so ist es hier, wo eine ungewöhnliche physiologische Function nothwendig eine bestimmte Mechanik der Muskulatur und diese eine bestimmte Form der Haftstellen am Brustskelett vorschreibt. Die ungewöhnlichen Eigenschaften der Archaeopteryx, die zu so vielen Discussionen Anlass gegeben haben, gehen auch aus der Reconstruction Fig. 96 hervor. Statt des kurzen Schwanzknochens der Vögel, an welchem fächerförmig die Steuerfedern inserirt sind, sieht man eine grosse Anzahl von Wirbeln wie im Reptilschwanz einander folgen, und ein jeder

trägt ein Paar der grossen Federn. Die Flügel sind noch relativ klein, und daher wohl auch der Brustkorb noch schwach entwickelt, die Rippen schwächlich, und ohne die bekannten Processus uncinati der Vögel und ohne festen Halt an dem Brustbeine. An den Vorderextremitäten fällt sofort auf, dass



Fig. 96. Archaeopteryx lithographica Owen.
Reconstruction. Aus dem oberen weissen Jura von Solenhofen.

jederseits des in das Flugorgan einbezogenen Fingers noch ein freier, als solcher functionsfähiger Finger steht, und dass nicht allein dieser, sondern auch der Flugfinger noch Klauen tragen. Die Kiefer sind mit kleinen, in Alveolen steckenden Zähnen besetzt; es ist also auch noch nicht zur Bildung eines Vogelschnabels gekommen. Daneben finden sich im Skelett noch manche

weniger auffallende Eigenschaften, die dem vergleichenden Osteologen aber doch bedeutungsvoll erscheinen. In keinem dieser Merkmale ist ein fundamentaler Unterschied gegenüber den modernen Vögeln begründet. Was wir hier an dem jurassischen Vogel verkörpert sehen, hätten wir im Allgemeinen aus der Embryologie der lebenden Vögel folgern können. Da treten in den Kiefern vorübergehende Gebilde auf, die sich nur als Zähne deuten lassen, da legt sich der Schwanzknochen oder das Pygostyl aus mehreren, anfänglich getrennten Wirbeln an, da sehen wir ursprünglich isolirte Metacarpalien, die erst später verwachsen und Anderes mehr. Die Archaeopteryx zu einem erloschenen Nebenzweige der Vögel zu stellen, von dem uns andere Arten nicht bekannt sind, liegt kein genügender Grund vor. Die Geschichte der Vögel wird durch solche Formen erst verständlich.

Der ganze Lias und ein beträchtlicher Theil der mittleren Jurazeit trennen die ältesten Säugethierfunde von den Resten in den Stonesfieldslates, denen sich erst auf der Scheide zur Kreidezeit hinüber neue anfügen. Die Entwickelung des Stammes bewegt sich in breiteren Bahnen, das Fremdartige wird abgestossen oder durch Zuthat bekannter Züge dem Gegenwärtigen genähert. Die räumliche Verbreitung hat sich zusammengezogen, aber doch nur scheinbar, da im Jura wesentlich das Meer an der Bildung der uns bekannten Sedimente gearbeitet hat, während zur Triaszeit unübersehbare Binnengewässer den Continenten eingefügt waren, gleich geeignet, thierisches und pflanzliches Leben an ihre Peripherie zu locken und seine Erinnerung in den Ufersedimenten festzuhalten.

In Europa sind die altbekannten Funde aus dem braunen Jura von Stonesfield und aus dem Purbeck um neue nicht vermehrt. Im deutschen Purbeck, der dem englischen Gebilde so ähnlich sieht, fehlt es bis jetzt noch an den leisesten Spuren. Ja, wenn wir den einzigen in der Wealdenformation von Hastings entdeckten Zahn eines Multituberculaten (Plagiaulax Dawsoni) ausnehmen, bleiben in der ganzen Schichtenreihe bis zum Tertiär alle Nachrichten über das Geschick des Stammes aus.

Dagegen hat sich in Nordamerika eine Quelle aufgethan, die in rascher Folge eine Reihe wichtiger Neuheiten hat kennen lehren. Annähernd zu derselben Zeit, in welche der Rückzug des Jurameeres aus England und dem nordwestlichen Deutschland fällt, entstanden in der Gegend des Felsengebirges, das damals noch kaum angedeutet war, jene Aestuarien und Seen, deren Grösse durch die mächtigen Schichten der in ihnen abgelagerten Atlantosaurus-beds bezeugt wird. Ihre Reptilien rufen durch die Fülle der Formen und die ungewohnte Grösse unser Erstaunen wach; auch die

kleinen Reste zierlicher Säugethiere werden unser Interesse zu fesseln vermögen, da wir eingedenk sind, dass ihre Entwickelung der unsrigen vorausgehen musste.

Wir verdanken Marsh mehrere sehr wichtige Mittheilungen über diese Fauna, und Osborn eine musterhafte Uebersicht und einen genauen Vergleich mit den europäischen, aus Owen's Werken bekannten Gattungen. Nun zeigt sich, dass im Gegensatz zur Trias eine grosse Uebereinstimmung der Formen herrscht, dass die Brücke zwischen Europa und Nordamerika geschlagen war, die für die künftige Entwickelung des Säugethierstammes von so hoher Bedeutung wurde.

Die Multituberculata sind in Gattungen zerfallen, die deutlich auf verschiedene Familien hinweisen. Unter ihnen sind am wichtigsten die an Microlestes anknüpfenden Plagiaulaciden, welche sich in genetisch verbundener Folge bis ins Eocän hineinziehen. Dabei treten allmählich folgende Veränderungen ein. Die Zahl der vorderen Backzähne vermindert sich und ihre Höcker verfliessen zu einem gerippten Kamme. Die ganze Kraft des Gebisses wird auf den ersten Praemolar concentrirt. Die echten Molaren haben anfänglich eine beckenförmig vertiefte Kaufläche, deren Rand innen und aussen gezähnelt ist. Indem der Zahn sich verlängert, wird aus dem Becken ein Längsthal, und aus den Randkerben entstehen isolirte Höcker. Der Zahnbau weist bestimmt auf nagerartige Vor- und Rückwärtsbewegung beim Kauen hin. Plioprion und Plagiaulax lebten zur Purbeckzeit in England, Ctenacodon in Amerika (Fig. 97), es ist aber mehr als zweifelhaft, ob eine Trennung dieser Gattungen der Natur entspricht. Oberkieferzähne sind nur von Ctenacodon und zwar nur die Praemolaren bekannt; wenigstens die vorderen lehnen sich in dem stark höckerigen Bau an die zweite Familie der Bolodontidae (Bolodon in England, Allodon in Amerika) an, die wiederum von den triassischen Tritylodonten nicht sehr verschieden ist. Deutlich tritt hier die Vor- und Rückwärtsbewegung der Kiefer aus der Stellung der Höcker zu beiden Seiten eines Längsthales hervor. Die Tritylodonten selbst, mit ihren drei Höckerreihen, sind jurassisch unbekannt, tauchen dagegen im Eocän wieder auf (Polymastodon). Eine vierte Familie ist durch Stereognathus angezeigt, mit drei Höckerreihen auch im Unterkiefer und eigenthümlicher Mondform der einzelnen Höcker. Wo immer diese Multituberculaten schliesslich ihre Stellung angewiesen bekommen werden, ein unmittel-



Fig. 97. Ctenacodon serratus Marsh. Unterkiefer.
Aus d. Atlantosaurus-beds von Wyoming. (Nach Marsh.) 1½ nat. Gr. a Schneidezahn, b Condylus, c Processus coronoideus.

hares Zusammenfliessen mit den Säugethierlinien der Gegenwart scheint ausgeschlossen.

Weit von ihnen getrennt sind die übrigen jurassischen Säugethiere, ohne dass dadurch eine nähere gegenseitige Verwandtschaft bedingt wäre. Auch die triassischen Dromatherien mit ihrem reptilartigen Gebiss, obwohl sie ihnen näher stehen als den Multituberculaten, sind nur ein Nebentrieb der Protodonta, der schon im Jura nicht weiter sprosste. Mehrere Schaltglieder, ganze Etappen der Entwickelung fehlen uns noch von den directen Linien, die von den Protodonta zu dem Gros der Säugethiere leiten, und leider sind ja auch diese Protodonta selbst nur Abstractionen, und Bild und Eigenschaften nur geahnt.

Zunächst muss die Frage entstehen, ob alle nach Ausschluss der Multituberculata übrbleibenden jurassischen Säugethiere unter eine Rubrik zu bringen sind. Es scheint, dass wir es schon mit zwei verschiedenen Typen zu thun haben, von denen der eine zu den Beutelthieren, der andere eher zu den Insectivoren, deren hohes Alter unbezweifelt ist, zu stellen ist. Eine andere Frage mag hier nur gestreift werden, ob nämlich die Scheidung der Beutelthiere und Placentalthiere eine principielle ist, oder ob jeder der grösseren Säugethierstämme eine gewisse Zeit marsupial, dabei in anderen Eigenschaften schon nach seiner Art geformt war, sodass man ihn nicht wegen dieses einen Characters mit andern zusammen werfen darf. Die letztere Ansicht, die neuerdings wieder von Ameghino verfochten wird, knüpft an sehr alte und lange zurückgestellte Theorien an; Gründe lassen sich für und wider anführen, die gewichtigeren, wie augenblicklich die Sache liegt, dagegen.

Owen gab in seiner ersten Beschreibung der mesozoischen Säugethiere zu, dass einige den Insectivoren zugerechnet werden könnten, Lydekker hat in seinem unlängst vollendeten Kataloge der fossilen Säugethiere im British Museum alle jurassischen mit den Beutelthieren vereinigt, Marsh versuchte den Schwierigkeiten durch die Einführung der Pantotheria zu begegnen, deren Unhaltbarkeit als Ordnung aus dem Vergleich der Diagnose mit den untergeordneten Objecten erhellt. Osborn spricht sich folgendermassen aus (Multituberculata und Protodonta bleiben bei dieser Betrachtung aus dem Spiel): „Die Voraussetzung, dass alle jurassischen Säugethiere könnten bei den Marsupialiern eingereiht werden, ist vollständig unbegründet. Es ist das Geschick zahlreicher primitiver Säugethiere gewesen, dass sie bei ihrer Entdeckung ohne weitere Discussion den Marsupialiern zugetheilt wurden. Die Creodonta sind ein bekanntes Beispiel. Diese Neigung ist ein Ueberrest der

alten Lehre, dass alle primitiven Säugethiere Marsupialier waren, welche aus zahlreichen Gründen von der neueren bekämpft wird, dass Marsupialier und Placentalier Zweige eines gemeinsamen Stammes (Prototheria Huxley) waren. In der That schliesst die eigene Reduction und der Wechsel der Zähne, die Art der Placentabildung die Ableitung der Placentalier von den Marsupialiern aus, und wir haben vollauf Beweise, dass die Sonderheiten der marsupialen Bezahnung schon in der jüngeren mesozoischen Zeit voll entwickelt waren (Triconodon). Weist das nicht darauf hin, dass die Trennung dieser beiden Zweige schon eingetreten war? Wo sollen wir die Blicke hinlenken, um die Ahnen der reichen Fauna untereocäner Placentalier zu finden, wenn nicht auf die bekannten jurassischen und noch unbekannten cretaceischen Säugethiere?"

So interessant die Aussprüche Osborn's über die muthmassliche Zahnformel und Zahnbildung der Ahnen der jurassischen Säugethiere, und die



Fig. 98. Triconodon serrula Owen. Innenseite des Unterkiefers. (Nach Osborn.) $^2/_1$ n. Gr. Aus dem Purbeck von Swanage.



Fig. 99. Kurtodon pusillus Owen. $^2/_1$ nat. Gr. (Nach Osborn.) Innenseite des linken Oberkiefers u. Ansicht der Kaufläche. Aus dem Purbeck von Swanage. Daneben ein Zahn vom Wombat (Phascolomys ursinus).

Weiterentwickelung in den verschiedenen Zweigen, die schon im Jura weit auseinander führt, sind, so können wir doch nicht in alle Einzelheiten eingehen. Es genüge zu sagen, dass die Anzahl der Zähne eine relativ hohe war, nämlich 4 Schneidezähne, 1 Hundszahn, 4 vordere, 8 hintere Backzähne in jedem Unterkieferaste (Oberkiefer kommen nur selten vor), und dass die ursprüngliche Form der Zähne (nach Osborn der einspitzige Kegel, s. S. 284) durch Theilung der Wurzel, Ausbildung nachträglicher Schmelzspitzen, Höcker und Wurzelsimse (Cingulum) bald in vielgestaltiger Weise variirt wurde. Sprossten die neuen Schmelzspitzen vorn und hinten an der Hauptspitze, so entstand der triconodonte Zahn, der für viele andere Stadien der Ausgangspunkt wurde, und bei den Triconodontiden selbständig persistirt (Fig. 98). Wanderten die beiden secundären Schmelzspitzen nach innen, sodass die drei Gipfel im Dreieck stehen, so entstand der trituberculare Bau (Spalacotherium, Asthenodon), der wichtigste Typus unter den jüngeren Säugethieren. Gesellte sich noch ein hinterer Anhang zu diesen drei Spitzen, der gewöhnlich aus einem

Cingulum entwickelt wird, so resultirte der tuberculo-sectoriale Zahn (Stylacodon), so bekannt durch seine Weitergestaltung in der Reihe der Raubthiere. Eigene Typen bilden die Zähne von Peralestes, Amphitherium, Leptocladus und Kurtodon, letzterer dem Nagethierzahne analog.

Der eingehende Vergleich lehrt nun, dass die Triconodontiden zweifellos Marsupialier, dass die Amphitheriiden es wahrscheinlich, die Kurtodonten (Fig. 99) möglicherweise waren. Die letztere Meinung stützt sich auf die Aehnlichkeit mit den Molaren des Wombats, die gleichsam zwei zusammengewachsene Kurtodonzähne darstellen. Die Peralestiden sind ganz unsicherer Stellung. Der deutlich hervortretenden primitiven Charactere halber, die diese Familien zum Theil als Ahnen der lebenden Beutelthiere erscheinen lassen, wurden sie als Prodidelphia zusammengefasst; wird aber in der That einmal das zwischen diesen alten Säugethieren und den Marsupialiern bestehende genetische Verhältniss fest bewiesen, so muss dieser Name fallen, der nur unnöthig die Einsicht in den von der Natur gegebenen Zusammenhang erschwert.

Die Stylacodontiden haben Zähne, welche ihrer Nahrungsweise, dem Fang von Insecten, angepasst sind. Besonders bei den kleineren Arten sind die Schneidezähne spatelförmig und sehr schräg gestellt, fast liegend, wie man das bei Insectivoren, der Function der Zunge halber, so häufig findet. Der tuberculosectoriale Bau der Zähne könnte zwar sowohl zu den Beutelthieren wie zu den Placentaliern hinüberleiten, aber es fehlen jegliche anderen marsupialen Kennzeichen, welche diese Möglichkeit zur Wahrscheinlichkeit machen könnten, und die Schale neigt sich entschieden zu Gunsten der insectivoren Natur der Gruppe. Es finden sich so viele alterthümliche Merkmale bei den lebenden Insectivoren, dass diese Annahme nichts in sich trägt, was Befremden erregen könnte. Kein Merkmal lässt sich geltend machen, um zwischen Insectivoren und Stylacodonten einen Gegensatz oder einen schärferen Unterschied zu statuiren, als die primitive Formel (höhere Anzahl) der Zähne. Andererseits sind die Beziehungen zu den Prodidelphyen (die allerdings keine tuberculosectorialen Zähne haben) so nahe, dass man annehmen muss, beide Gruppen hätten sich in noch nicht sehr entlegener Zeit von einem gemeinsamen Stamme abgezweigt.

Zehntes Capitel.

Das cretaceische System.

A. Die Wealdenbildungen.

Die Art des Uebergangs von der Jura- zur Kreidezeit hat sich in Europa geologisch in dreifacher Weise vollzogen. An einigen Stellen kennen wir marine Sedimente, die ohne Unterbrechung aus dem Jura in die Kreide reichen und unter ziemlich constanten Tiefenverhältnissen des Meeres abgelagert wurden. In diesen Gebieten ist eine Grenze nicht zu ziehen und die Veränderung der Fauna besteht nur in der Entwickelung der Arten nach den seit lange geltenden Impulsen.

Andere Gegenden lassen einen Rückzug des Meeres und nach lebhaften Oscillationen Wiederkehr mit anderer Bevölkerung erkennen. Obwohl nicht aus den Arten der letzten Meeresbedeckung hervorgegangen, leiten sich die neuen Ankömmlinge doch aus einem Gebiete her, das immer in breiter Verbindung mit den mitteleuropäischen Gewässern stand und derselben grossen Provinz zugehört.

Die dritte Art des Ueberganges bringt den schärfsten Wechsel: Rückzug des Meeres der einen Provinz und Invasion von einer anderen Provinz her.

In der Beschaffenheit der Wealdenschichten spiegelt sich die Scenerie der Landschaft. Die Wogen des Jurameeres haben sich verlaufen, auf weite Strecken ist Mitteleuropa Festland, nunmehr bedeckt mit den kalkigen und thonigen Absätzen jener Zeit. Eine üppige Vegetation überzieht die tragkräftige Erde. Hier und dort sind Reste der alten Gewässer zurückgeblieben, ausgedehnte Binnenseen, deren Verbindung mit dem Meere nicht überall unterbrochen ist und in deren schwach gesalzenen Fluthen ein geringer Theil der jurassischen Muscheln sich noch eine Zeit erhält. Die Gegend ist flach und wenig über das Niveau des Meeres gerückt, sodass auch die schon ausgesüssten Seen gelegentlich durch einen Zuschuss vom Meere her wieder brackisch und salzig wer-

den, und die eingewanderten Cyrenen, Flussmuscheln und Paludinen wieder fliehen. So erklärt sich der Wechsel von brackischen und Süsswasserschichten, so die Mischung weniger, mariner Typen mit der vorwiegend aus Süsswasserbewohnern bestehenden Bevölkerung.

Die Gegenden Bückeburgs und des Deisters, wo ein geschätzter, in der Wealdenzeit entstandener Sandstein schon seit den Tagen der Römer in grossartigen Brüchen abgebaut wird, wo der Pflanzenmoder der alten Wälder sich in Form fester Steinkohlenflötze erhalten hat, und aus den begleitenden Schiefern und Thonen jeder Schurf, jeder Bachriss eine Fülle von Muscheln und anderen Versteinerungen zu Tage fördert, sind ein classisches Gebiet für das Studium des Wealden. Der Name knüpft aber an England an; in jenen Theilen von Kent, Surrey und Sussex, welche seit Alters the Weald genannt werden, wies Mantell diese brackischen und Süsswassergebilde unter dem marinen, unteren Grünsand nach und zeigte, dass dieselben Schichten auch auf Wight wieder hervortreten. Sie setzen dann nach Frankreich über und auch in Belgien sind grosse Klüfte des Steinkohlengebirges zur Wealdenzeit ausgefüllt. Gerade diese letzteren, local beschränkten Vorkommen sind von hoher Wichtigkeit; in den Spalten von Bernissart lagerten die Knochen jener riesigen Reptilien des Wealden, welche unter Anwendung aller Vorsicht gehoben, mit unermüdlicher Mühe von Gestein entblösst, jetzt die grösste Zierde des Museums in Brüssel bilden.

Die grosse Uebereinstimmung aller genannten Areale ist auffallend und Lyell stand nicht an, das Ganze dieser Ablagerungen auf ein grosses Delta zurückzuführen. Obwohl die Wealdenformation sich an der Küste von Dorsetshire bis nach Boulogne über 200 engl. Meilen verfolgen lässt und ebenso gross die Erstreckung von Surrey und Hampshire nach Beauvais ist, obwohl durch die Verbindung mit dem norddeutschen und belgischen Wealden das Areal noch doppelt weiter ausgedehnt wird, so lässt sich doch nicht leugnen, dass diese Erklärung hieran nicht scheitern kann, da Flüsse wie der Niger oder Mississippi noch grössere Regionen mit den Anschwemmungen ihres Deltas überziehen. Die Mündungen solcher Riesenströme pflegen sich auch öfters zu verschieben und dem Delta dadurch neue Flächen zu gewinnen, wie das Beispiel des Hoangho nur zu deutlich zeigt.

Aber es giebt auch Ablagerungen von Wealdenbildungen, welche sicher nicht im Zusammenhange mit dem umschriebenen Gebiete stehen und die Lyell bei Aufstellung seiner Hypothese nicht kannte. Es sei an das Wealden in Portugal und in der französischen Schweiz erinnert, welche sich schwer mit der Annahme eines einzelnen Wealdenstromes in Verbindung bringen

lassen. Ganz ähnlichen Character wie unser Wealden tragen die Bahiaschichten Brasiliens, die Potamac- und Atlantosaurus-beds Nordamerikas und pflanzenreiche Schichten in Westgrönland; diesen Thatsachen gegenüber dürfen wir die Wealdenbildungen nicht länger als ein Continuum betrachten, sondern müssen sie als sporadisch zerstreute Bildungen auffassen, welche nothwendig bei dem Zurückweichen des Jurameeres entstehen mussten, hier als Absätze in Aestuarien, dort in grossen, ausgesüssten Landseen, die den gleichen Character räumlich genäherter Vorkommen wie die Englands und Norddeutschlands hinreichend erklären.

Der Thätigkeit grosser Flüsse können wir freilich nicht entbehren, denn die Massen von Sand und Schlamm, welche in den Seen aufgespeichert wurden, sind enorm und bedeuten eine tiefgreifende Abtragung von der festen Oberfläche des Landes. Vierhundert, ja bis tausend Fuss werden von Fitton als Mächtigkeit des unteren Wealden, des sog. Hastingssandsteines, angegeben, und mehrere hundert Fuss sind auch die Sandsteinschichten des Deisters und Bückeberges stark. Deutliche Anzeichen sprechen dafür, dass das Wasser gerade in den Gegenden dieser Sandsteinablagerungen ganz seicht war; ich erinnere hier nur an die Wellenmarken und an die Fussspuren landbewohnender Reptilien auf entblössten Schichtflächen.

Lyell sieht hierin mit Recht den Beweis für eine allmähliche und fortdauernde Senkung des Bodens in einer Mündung oder Bucht, in welcher ein grosser Fluss seine schlammigen Fluthen ergiesst. Mit jedem Fuss, um den sich der Boden senkte, ward Raum geschaffen für eine gleich mächtige Sandschicht; wenn solchergestalt Senkung und Ablagerung sich gleichmässig in die Hände arbeiten, ist es verständlich, wie auch bei andauernd seichtem Wasserstande die Schuttmassen, welche den Boden der Bucht bilden, sich fortdauernd verstärken können. Fassen wir nochmals zusammen, so erfordern die geologischen Veränderungen am Ende der Jurazeit entweder die Annahme einer Hebung des Landes im Norden oder ein actives Zurückweichen des Meeres im Süden, sodass Mitteleuropa zum grossen Theil Festland wurde. Die Lagerung der Schichten erzählt uns nichts von Gebirgsbildungen, die in jene Zeit fallen, nichts von Falten und Oberflächenstörungen; ein gewölbter Schild oder eine tafelförmige Landschaft ist der Grund, in den die sofort gebildeten Flüsse ihre Rinnsale schneiden. Eine breite Zone ist bedeckt mit Relicten des Meeres, mit brackischen Gewässern, die der Aussüssung unterliegen, wenn sie von der Verbindung mit den Salzbecken abgeschnitten werden. In dieser Zone, welche selbst einem localen Senkungsgebiete angehört, setzen die Flüsse ihren Schlamm ab; vielleicht bewirkt dieselbe Ur-

sache erst den Zurückzug des Meeres, dann die Vertiefung der Aestuarienregion, nämlich Absinken von Erdrindetheilen längs weitausgreifender Brüche.

In der Regel schliessen sich die Wealdenbildungen durch Purbeck und Portland dem oberen weissen Jura an; die fortschreitende Aussüssung dieser Gewässer, ihre locale Verbreitung weist auf die geringere Verbindung mit der offenen See, auf fortschreitende, zuweilen vollständige Isolirung der Becken hin. Dort, wo die oberjurassischen Schichten im Liegenden des Wealden fehlen, müssen sie etwas anders beurtheilt werden. Es kommt vor, dass sie über dem unteren braunen Jura auftreten und von Hilsthon überlagert werden. Der häufige Wechsel mariner, brackischer und Süsswasserschichten ist nicht anders zu erklären, als dass ein Haff bald reichlicher vom Meere, bald durch Zufluss aus dem Lande gespeist wurde. Durchbrüche der Nehrung, des schmalen, sandigen Walls, der solche Lagunen abgrenzt, bedingen das eine, Verschmälerung der Communication mit dem Meere das andere, besonders wenn das Becken eine solche Grösse hat, dass die Verdunstung dem Zufluss ungefähr die Wage hält. Bei Sehnde, in der Nähe von Lehrte (Hannover) schaltet sich mit den marinen Schichten jedesmal eine Bevölkerung, die dem Portland entspricht, zwischen die echten Cyrenen und Potamides (Melania autt.) des Wälderthons. Die Recrutirung aus dem Portlandmeere war also noch möglich, und da die Lagune von Sehnde nichts anderes als ein zurückgelassener Rest ist, so hat hier offenbar eine Transgression des Portlands stattgefunden, für die auch im eigentlichen Gebiete Anzeichen nicht fehlen. Nun bedeutet, das geht aus der Gesammtübersicht über die Zustände dieser Zeit hervor, die Transgression hier wohl eine Veränderung des Meeresgebietes, aber nicht eine Vergrösserung. Das Portlandmeer weicht im Allgemeinen zurück und bei dieser Verschiebung mögen gelegentlich auch neue Meeresarme entstanden sein. Zweitens geht aber aus der Untersuchung des Aufschlusses bei Sehnde hervor, dass die Wealdenbildungen nicht streng chronologisch gleich sind, dass unmittelbar in den Strandgebieten des Portlandmeeres ebenso leicht lacustrische Ablagerungen mit Resten von Land- und Süsswasserbewohnern entstehen und seinem Rückzuge in gleichem Schritte folgen konnten, wie sie aus den letzten Purbeckseen entstanden sind und wie sie sich schliesslich mit fast denselben Characteren über der Wolgastufe Russlands und im Gault Südamerikas einschalten. Man muss nothwendig den Gesichtspunkt einer einheitlichen Zusammenfassung selbst des norddeutschen Wealden modificiren, und zwar mit Rückblick auf die Wanderungen des Meeres jener Zeiten. Denn obgleich bei uns der Purbeck über dem Portland liegt, organisch mit ihm verbunden,

so ist er doch nicht jünger als manche Portlandbildungen anderer Gegenden.

Ausserdem greifen hier zwei Vorgänge fast ineinander: der Rückzug des Jurameeres nach Süden, das darauffolgende erneute Vordringen des Kreidemeeres gegen Norden und Westen. Mit beiden können die Wealdenbildungen in Beziehung treten, und so wechsellagern sie thatsächlich im Hils mit marinen Schichten des Neocoms, so sind den obersten Wealdenschichten Englands bei Punfield-Cove, die vom Lower Greensand unmittelbar bedeckt werden, brackische und echt marine Zwischenlagen eingeschaltet, die neben vielen eigenthümlichen Mollusken auch Ammonites Deshayesi, die Characterform des Aptien, führen.

Die Süss- und Brackwassergebilde auf der Scheide von Jura- und Kreidezeit, das Wealden Europas, Amerikas, sind darum so wichtig für die Entwickelungsgeschichte der Erde, weil wir nach einer langen Reihe rein mariner Sedimente endlich einmal wieder von der Beschaffenheit der Festländer Kunde erhalten. Es ist, als schöbe ein Vorhang sich zur Seite; überrascht weilt das Auge im Anblick des buntbewegten Lebens, das sich vor uns entrollt — dann schliesst sich die Aussicht und das weite Meer rauscht uns wieder sein ewiges Lied.

Farne von hohem, baumartigen Wuchs, Sagopalmen, der lebenden Cycas ähnlich, Coniferen in ungewohnter Mischung, unter ihnen die fremdartigen Salisburiaceen, deren einzige lebende Art, Gingko biloba, in chinesischen Tempelhainen ihr Dasein fristet, neben echten Tannen, bildeten den Hochwald; die stolzen, säulenförmigen Calamiten sind verschwunden und ihre Epigonen, die kleinen Schachtelhalme, wucherten wie heute neben zierlichen Farnwedeln, Bärlappgewächsen und Characeen am Rande der Gewässer. Kein Laubholz, kein Kraut wuchs damals in unseren Gegenden, weder in Deutschland und Belgien, noch jenseits des Canals in England. An der Küste des biscayischen Golfes bei Almargen sind aber altcretaceische Süsswasserschichten verbreitet, die nach Saporta's Angaben eine interessante Pflanzenwelt in sich begraben halten.

Neben den alten Kryptogamen, Cycadeen und Coniferen hatten sich hier eine Menge dicotyler Blüthenpflanzen angesiedelt, hochentwickelte Formen, die jetzt in sehr verschiedenen Zonen gedeihen. Saporta nennt Myricaceen, Salicineen, Laurineen, Thymeleen, Santalaceen, Loranthaceen, Euphorbiaceen und Ericaceen.

Die Schichten von Almargen, die im Ganzen etwas jünger sein dürften als unsere echten Wealdenlager, correspondiren in bemerkenswerther Weise

mit einer nordamerikanischen Formation, deren Bedeutung erst in der letzten Zeit hervorgetreten ist. Sie bilden einen langen Saum im Osten der Appalachen und werden nach zahlreichen Fundpunkten in der Gegend des Potamacflusses als Potamacschichten bezeichnet. Auch aus dem Westen Amerikas sind inzwischen untercretaceische Dicotylen bekannt geworden.

Die amerikanischen Fachgenossen betrachten die Potamacformation als eine Vermischung von Deltabildungen mesozoischer Ströme mit den Küstenabsätzen des Meeres. Sie wurde gebildet nach einer plötzlichen, seewärts gerichteten Neigung und Ueberfluthung eines stark verwitterten Gebietes krystallinischer Gesteine. Die obere Abtheilung der Potamacschichten, deren wenige Fossilien mit denen des Raritanclay, also auch mit dem Cenoman oder der Dacotagruppe der anderen Staaten stimmen, ist entweder gebildet nach einem längeren Rückzuge des Meeres oder doch, nachdem durch die voraufgehenden Absätze die Neigung des Küstenabhanges und daher auch die Kraft der Brandung und der Küstenflüsse verringert war. Sie müssen scharf von den tieferen Lagen getrennt gehalten werden.

Die unteren Potamacschichten sind neocom im weiteren Sinne und umfassen offenbar noch mehrere Unterstufen; ihre Flora ändert sich sehr schnell. Die tieferen und mittleren Lagen erhalten durch das Uebergewicht der Farne, Cycadeen, Schachtelhalme und Coniferen ein jurassisches Gepräge, obwohl schon eine beträchtliche Anzahl Angiospermen, von meist alterthümlichem Habitus, beigemischt sind. Weiter nach oben stellen sich Angiospermen in Menge ein und erlangen das Uebergewicht; einige der Gattungen leben auch heute noch, mit ihnen aber existirten jurassische Typen, die jetzt verschwunden sind. Manche der Laubbäume, die sich nahe an lebende Gattungen anschliessen, vereinigen in sich Charactere, die in der Jetztwelt nur vertheilt vorkommen. Fontaine, dessen Beschreibung wir gefolgt sind, vermuthet in ihnen die Ahnen mehrerer getrennter Reihen. Aehnliches gilt von den Coniferen.

Bemerkenswerth ist, dass gerade die modernsten Formen der Laubbäume in geringer Stückzahl gefunden sind; Zufälligkeiten bei der Erhaltung werden ihre Rolle hierbei spielen, doch könnte es auch sein, dass die neu eingedrungenen Arten in der That noch keinen Reichthum an Individuen entfalteten.

Die Art des Auftretens der ältesten Dicotyledonen ist von fundamentaler Bedeutung. In Nordamerika finden wir die Gruppe in so hoher Entwickelung, dass wir allen Grund haben, auch ihre erste Entwickelung auf diesem ausgedehnten Festlande, das zu allen geologischen Zeiten, die hier

in Betracht kommen, weite Areale über Wasser hatte, zu vermuthen. Ein so unruhiger Continent wie Europa, der mehrmals in Inselgruppen aufgelöst wurde, kommt mehr für die Zersplitterung der Arten in neue, als für die Ausprägung grosser, in sich geschlossener Gruppen in Betracht. Die Stammesgeschichte der Säugethiere bietet ähnliche Momente; ruhige Entwickelung uralter Typen aus sich selbst heraus in Süd- und Nordamerika, rasche Differenzirung der Europa und Asien durchziehenden Gruppen.

Von Amerika gelangte ein Theil der Dicotylen über eine Landverbindung, welche auch Suess andeutet, schon früh nach dem südlichen Europa, die meisten umwanderten das atlantische Meer, besiedelten Grönland und drangen von Norden zur Cenomanzeit wieder gegen Europa vor.

Wir haben keinen Grund, für Amerika ein anderes Klima vorauszusetzen, als das Europa am Beginn der Kreidezeit zu eigen war, und wir erkennen deutlich, wie wichtig es ist, die Grundzüge der alten Wanderungen der Pflanzen zu suchen, ehe man deren Vertheilung in den Erdschichten zur Grundlage von Speculationen über das Klima macht.

Die erste Anlage dieser Pflanzengruppe reicht offenbar viel weiter in die älteren geologischen Zeiten zurück, aber wir kennen das Land nicht, wo sie entstand; noch zeigt sich kein Uebergang zwischen den grossen Abtheilungen des Pflanzenreiches, zwischen Angiospermen und Gymnospermen oder Farnkräutern, und in den generalisirten Typen, deren wir gedachten, neigen sich doch nur die Entwickelungslinien von Gattungen zusammen, die auch heute einander nicht fern stehen. Gegenüber der Cenomanflora mit ihrem durchaus modernen Stamme von Gattungen bedeutet dies aber doch schon ein erheblich älteres Stadium.

Die wichtigsten Sammeltypen sind: Acaciaephyllum, Proteaephyllum, Rogersia, Ficophyllum, Araliaephyllum, Aceriphyllum, Hederaephyllum; schon die Namenbildung sagt, dass nur eine Annäherung an die lebenden Gattungen, nicht Uebereinstimmung im Bau der Blätter hervortritt.

Acaciaephyllum erinnert am meisten an neuholländische Acacien, eine Art an Leucospermum conocarpum. Proteaephyllum schliesst sich an Protea an, doch kommen auch Anklänge an ganz verschiedene Pflanzen, wie Persoonia, Hedera, Banksia, Celastrineen u. a. vor, sodass die systematische Deutung vorläufig unsicher bleibt; auch Rogersia wird am besten vorläufig bei den Proteaceen unterzubringen sein. Ficophyllum ist eine der wichtigsten Gattungen, tritt besonders in den tiefen Lagen mit jurassischen Typen in Fülle auf und fehlt fast in den höchsten Schichten, in denen die modernen Gattungen sich ausbreiten; Proteaephyllum ist sein ständiger Begleiter. Die

Aehnlichkeit mit Ficus, besonders mit einigen fossilen Arten des amerikanischen Cenomans und Tertiärs, ist so gross, dass eine genetische Verkettung wenigstens nicht unwahrscheinlich ist. In Araliaephyllum vereinigen sich die Eigenschaften der Blätter von Liquidambar, Aralia und Sassafras; auch nach Acer und Liriodendron spielen die Aehnlichkeiten hinüber. Aceriphyllum muss nahe verwandt sein; auch hier finden sich Züge von Acer, Sassafras, Aralia und Sterculia vereint. In Hederaephyllum wiederholen sich neben Eigenschaften von Hedera und Liriodendron solche von Araliaephyllum. Unter den sicher zu deutenden und noch der lebenden Flora angehörenden Bäumen muss Sassafras an erster Stelle erwähnt werden. Dieser bekannte Baum aus der Familie der Lorbeergewächse ist eine recht amerikanische Characterpflanze, welche in den Wäldern des östlichen Nordamerikas bis Florida heruntergeht und in den höheren Breiten Canadas strauchartigen Wuchs annimmt. Die einzige Art hat den Besitz der Vorfahren nur zum Theil behauptet; vielleicht die directen Abkömmlinge der beiden Potamacarten wuchsen zur Cenomanzeit und später in den Wäldern von Dacota. Die Persistenz dieses Typus ist von ungemeiner Wichtigkeit; der in neuester Zeit von Schenk mit Sicherheit behauptete boreale Ursprung unserer Floren wird durch solche Thatsachen sehr in Frage gestellt und kann auch durch das vereinzelte Vorkommen einer Pappel in den als Urgon angesprochenen Komeschichten Westgrönlands nicht fester gestützt werden. Von lebenden Gattungen enthält die Potamacflora noch Bombax, Myrica, Sterculia, Hymenaea, Aralia und Ficus. Aber Ficus, Aralia, Myrica und Bombax sind gänzlich unsichere und höchst seltene Blattreste, deren Bestimmung die Zukunft vielleicht bestätigt, vielleicht aber auch ändern muss. Sterculia, die allerdings auch in der Kreide von Grönland vorkommt, ist nicht über Zweifel erhaben, dagegen Hymenaea sicher vorhanden, und das Gegenstück zu Sassafras. Acht Arten der harzreichen Heuschreckenbäume, die einen gewaltigen Umfang und ein noch gewaltigeres Alter erreichen, bewohnen das tropische Amerika, Brasilien, Guyana, Columbien und die Antillen, sind also entschieden südwärts vorgedrungen und zwar wohl erst zur jüngeren Tertiärzeit, als eine breite Brücke die beiden Continente verband. Sapindopsis ist zwar eine neue Gattung, aber kaum von Sapindus zu trennen und als Vorgänger des mit Hymenaea die Heimath theilenden Seifenbaumes anzusehen; die allermeisten Blätter gehören den verschiedenen Arten dieses Geschlechtes an, welches schon im Cenoman durch Sapindus selbst ersetzt wird. Die Verbreitung reicht hier schon über das ganze nördliche Amerika, und die Blätter fanden sich zahlreich in der Kreide von Nebraska wie auch in den Atane-

und Patootschichten Grönlands. Da Sapindus auch in der böhmischen Kreide vorzukommen scheint (nach Velenovsky's Untersuchungen), so müsste auch die Umwanderung des nordatlantischen Oceans damals schon vollendet gewesen sein. Vom Oligocän an bis sicher in das obere Miocän, vielleicht noch in das Pliocän hinein, trifft man Sapindus reichlich in Mittel- und Südeuropa (Samland, Wetterau, Bonn, Gleichenberg, Sagor, Armissan). Auch in Nordamerika, selbst in Grönland erhält sich dieser Baum bis ins Tertiär, während er seine Verbreitung zugleich in die Tropen ausgedehnt hat (Sumatra, ? Tasmanien).

Ich kann aus dieser Zusammenstellung nicht folgern, dass überall, wo Sapindus auftritt, ein tropisches Klima geherrscht hat, ebensowenig wie aus der Geschichte von Hymenaea. Noch grünt Sassafras in denselben Gegenden, die ihn zur Neocomzeit ernährten; hier würden wir also zu dem Schlusse gedrängt, dass ein ursprünglich tropischer Baum sich den kälteren Klimaten späterer Zeiten anbequemt habe. Die objective Erwägung aller Daten, die wir über das Auftreten der Pflanzen erhalten haben, verlangt apodictisch, dass wir ihnen eine grosse Acclimatisationsfähigkeit zuerkennen. Die Geologie wird nirgends darauf hingedrängt, den vortertiären Perioden ein gleichmässig tropisches Klima zuzuschreiben; die Sonnenwärme wurde seit uralten Zeiten wohl in gleichem Masse gespendet, und schon eine geringe Erstarrungskruste genügte, um den Einfluss der Innenwärme auszuschliessen. Wenn ein in auffallend grosser Erstreckung, namentlich in meridionaler Richtung gleichmässiges Klima aus den gleichbleibenden Typen der Versteinerungen gefolgert werden muss, so ist die damalige Vertheilung von Land und Wasser in erster Linie zu untersuchen, denn Bestrahlung, Verdunstung, Luft- und Meeresströmungen hängen wesentlich davon ab. Wir kennen in der Gegenwart so viele, genetisch eng zusammengehörende Gruppen von Pflanzen, die in alle Zonen zerstreut sind, dass ausschliesslich die artliche Identität einer fossilen und einer lebenden Pflanze den Rückschluss auf das Klima rechtfertigt, selbst dieses nur bedingt, da in manchen Fällen sich ein ganz beträchtliches Ausdehnungsvermögen subtropischer, selbst tropischer Pflanzen herausgestellt hat, wenn der Eingriff des Menschen sie über unübersteigbare Barrièren hinwegführt. Es ist sehr zu wünschen, dass die mit Erfolg begonnene Durchforschung der Potamacschichten durch Fontaine von Erfolg auch weiterhin gekrönt werde. Wie sie der immer wieder aufgetischten Theorie vom borealen Ursprung der Arten einen harten Stoss versetzt, so hoffe ich, wird sie oder ein ähnlicher Fund in anderen Ländern uns auch dereinst davon überzeugen, dass man dem jetzigen modus vivendi der Pflanzenwelt

keine verlässlichen Stützen über Klimate entschwundener Erdperioden entlehnen dürfe.

Die niedere Thierwelt des Wealden schliesst sich auffallend an die noch lebenden Bewohner des süssen uud brackischen Wassers an, wenn auch weniger an die europäischen als an die amerikanischen. Kleine Schalenkrebse, Cypris, bevölkerten deu humusreichen, schlammigen Boden, in dem Flussmuscheln und Paludinen ihre Furchen zogen; durch ungeheure Fülle tritt die Familie der Cyrenen hervor, während ein schwacher Salzgehalt die Entwickelung der Potamides und Melanopsis begünstigte, denen sich zuweilen auch Corbula, Austern und Miessmuscheln zugesellen. Ganz ähnliche Varietätenreihen, wie sie in viel späterer Zeit für die Gattungen Paludina und Melanopsis bezeichnend sind, entwickelten sich auch damals mit gleichen Impulsen. Mit Erstaunen sehen wir, dass die Elemente der Süsswasserfauna dieselben sind, in analoger Mischung auftreten, wie in den heutigen Seen und Flüssen, obwohl unberechenbare Zeiträume uns von jener Phase der Entwickelung trennen.

Ganz anders verhalten sich die Wirbelthiere, selbst die Fische, die doch mit jenen Krusten- und Weichthieren dieselben physikalischen Bedingungen theilen. Die zahlreichen Reste von Haifischen aus den Gattungen Hybodus und Acrodus deuten an, dass die Verbindung mit dem Meere nicht aufgehoben war; am häufigsten finden sich ihre Zähne und Flossenstacheln, doch auch die von lederartigen Hüllen umgebenen Eier, denen des Cestracion nicht unähnlich, haben sich erhalten. Da sie in den Schiefern ganz plattgedrückt sind, wurden sie lange missdeutet, und unter den Namen Spirangium und Palaeobromelia meist mit Pflanzen verglichen, bald mit Tangen oder Characeen, bald mit Bromelia-ähnlichen Gewächsen. Die Haifische waren ohne Zweifel Wanderer zwischen der offenen See und den Aestuarien; aber wir dürfen annehmen, dass die zahlreichen Ganoiden, unter denen die Gattung Lepidotus den ersten Rang einnimmt, echte Süsswasserformen sind, dass der Vorgang, der sie allmählich auf die Flüsse beschränkt, schon begonnen hat. In den höheren Stufen der Kreideformation, welche rein marin sind, werden Ganoiden schon seltene Gäste, während im Wealden bisher nur Ganoiden und keine echten Knochenfische gefunden sind. Dennoch waren diese nachweislich in dem Neocommeere reichlich vorhanden; aus den fast gleichalten Hilsthonen des Braunschweigischen lassen sich die Gehörknochen von barschähnlichen Fischen in grosser Zahl auswaschen. Es hat hier die Scheidung der Hauptsache nach schon stattgefunden; die Teleostier gewinnen das Meer für sich, und die Ganoiden dringen in die Flussmündungen ein.

Eine Ansicht, die wiederholt mit Entschiedenheit ausgesprochen und auch von Seiten mehrerer Palaeontologen aufgenommen ist, muss hier berührt werden, weil nach meiner Auffassung des Thatbestandes eher die gegentheilige gerechtfertigt wird. Die Thierwelt unserer süssen Gewässer, der Flüsse und Seen, steht gegen die der Meere nicht allein an Reichthum der Formen zurück, sondern sie vertheilt sich auch zum grössten Theil auf solche Gruppen, die wir nach ihrer Organisation als tiefer stehend betrachten. Das ist eine Beobachtung, an der sich nicht rütteln lässt, obwohl besonders bei den Wirbelthieren die einfachere Gestalt des Körpers, welche zunächst in die Augen fällt, nicht selten aufgewogen wird durch überaus mannichfaltige Ausbildung eines inneren Organes und der überhaupt gefährliche Schluss auf die tiefere oder höhere Stellung eines Thieres hier noch vorsichtiger zu handhaben ist. Besonders empfindlich ist das Gehörorgan. Wir finden es bei den meisten Süsswasserfischen, bei allen aus der grossen Ordnung der Karpfen und Welse, sehr abweichend gebildet von dem der meist im Meere lebenden Stachelflosser, die gewöhnlich als weiter vorgeschritten in der Entwickelung angesehen werden. Dennoch steht das Gehörorgan dieser Thiere entwickelungsgeschichtlich auf weniger hoher Stufe (wobei es zunächst auf die functionelle Begabung nicht ankommt), sie sind in diesem Merkmal entschieden die primitiveren. Aehnliches lässt sich, wenn wir die ausgestorbenen marinen Formen berücksichtigen, für die Krokodile und Alligatoren ausführen; die Gestalt ist primitiv gegenüber den Lacerten mit ihrer reichen Fülle verschiedener Formen, aber der Bau des Gehörs und seiner Nebenorgane ist ein ungleich höherer, und ausserdem sehen wir die süsswasserbewohnenden Alligatoren wiederum den marinen Teleosauriern der Jurazeit überlegen. Dies mag genügen, um vor allzu raschen Schlüssen auf geringe Entwickelungsintensität oder, was dasselbe bedeutet, auf höhere oder tiefere Stellung eines Thieres zu warnen.

Im Uebrigen ist es richtig, dass das Süsswasser arm ist an Geschöpfen, welche unter ihresgleichen durch hohe Ausbildung der Organe eine vorgerückte Stellung einnehmen. Herr von Martens theilte in einer Sitzung der naturforschenden Freunde zu Berlin (am 18. December 1883) eine interessante Uebersicht der Beobachtungen mit, die das Wesentliche kurz zusammenfasst.

Unter den Süsswasser-Coelenteraten ist Hydra viridis, der grüne Wasserpolyp, eine allbekannte Form, die auch in Japan und Aegypten wiedergefunden ist. Cordylophora lebt theils in brackischem, theils in süssem Wasser, so im Tegeler See bei Berlin, also weit entfernt vom Meere. Eine

freischwimmende Meduse Limnocodium wurde in Regents Park bei London in einem Wasserbecken entdeckt, in welchem tropische Gewächse gezogen wurden. Man vermuthet, dass sie aus Westindien eingeschleppt ist. In dem schon früher erwähnten Tanganjika-See, welcher von einer Anzahl Schnecken aus der nächsten Verwandtschaft brackischer und mariner Kreideformen bewohnt wird, lebt auch eine craspedote Meduse, und so mögen im Laufe der Zeit wohl noch mehrere Süsswasserformen dieser Meeresbewohner festgestellt werden. Höhere Coelenteraten, besonders also auch Korallen, kennt man gar nicht im Süsswasser. „Aehnlich sind unter den Rhizopoden die mehr complicirten mit vielkammeriger Kalkschale (Foraminiferen) nur im Meer, diejenigen ohne oder mit einfacher hautartiger Schale z. B. Amoeba und Gromia auch im Süsswasser, und die süsswasserbewohnenden Heliozoen stehen wegen des Mangels der Centralkapsel im System unter den meerbewohnenden Radiolarien. Ebenso sind die niedrigeren Abtheilungen der Würmer, z. B. Trematoden und Nematoden, verhältnissmässig reicher im Süsswasser als die höheren, von denen die hoch differenzirten Sipunculiden und vielborstigen Ringelwürmer ausschliesslich marin sind. Auch unter den Crustaceen sind die niedrigeren (Entomostraken) durchschnittlich reicher im süssen Wasser vertreten als die höheren (Amphipoden, Isopoden, Decapoden) und bei den Mollusken ist die höchste Classe, diejenige der Cephalopoden, ausschliesslich marin. Endlich bei den Fischen sind doch wohl auch mit Cuvier die vorzugsweise meerbewohnenden Stachelflosser, bei denen die Bauchflossen nach vorn gerückt sind, über die vorzugsweise süsswasserbewohnenden Bauchweichflosser (Physostomen) zu stellen, welche die bei den Wirbelthieren normale Extremitätenstellung beibehalten haben, und auch die nach anderen Seiten hin besonders differenzirten Selachier, Plectognathen und Lophobranchier sind fast ganz marin, während die palaeontologisch alten Ganoiden jetzt nur noch im Süsswasser leben. Endlich giebt es ganze Thierclassen und zwar ihren Nachbarn gegenüber stark differenzirte, wie sämmtliche Echinodermen, die Brachiopoden, Tunikaten und Cephalopoden, die ausschliesslich marin sind, aber keine einzige, die ausschliesslich süsswasserbewohnend ist."

„Wir können im Grossen und Ganzen sagen," schliesst Herr v. Martens, „dass die Süsswasserfauna weniger differenzirt, also mehr primitiv als die Meeresfauna ist. Es lässt sich das wohl am einfachsten so verstehen, dass Flüsse und Seen bei ihrer geringeren Ausdehnung, schärferen Begrenzung und geringeren Mannichfaltigkeit namentlich in Bezug auf die Tiefe weniger Anstoss zu fortschreitender divergirender Ausbildung gehen, der Kampf ums

Dasein im Meere intensiver ist und leichter durch neue Ankömmlinge aus ferneren Gegenden frisch entfacht wird, ohne dass der Salzgehalt als solcher dabei eine besondere Rolle spielt. Denn eben der Umstand, dass von vielen vorherrschend marinen systematischen Einheiten des Thierreichs einzelne Vertreter auch im süssen Wasser sich finden, bis hinauf zu den Cetaceen, und keine Classe von Wasserthieren dem Meere fremd ist, weist darauf hin, dass kein einzelner Bauplan der Organismen, wenn er überhaupt das Leben im Wasser zulässt, an sich mit Süsswasser oder Salzwasser unverträglich ist."

Man kann diesen Erwägungen unbedingt zustimmen, aber der Palaeontologe muss sich dagegen verwahren, wenn andere Zoologen den viel weiter gehenden Schluss machen, dass die Süsswasserfauna die ältere sei, von der aus die Meere bevölkert wurden. Das Vorherrschen sog. primitiver, also theoretisch allerdings älterer Formen im Süsswasser beweist durchaus nicht, dass sie hier auch ihre Entstehung gefunden, ihre Entwickelung durchgemacht haben. Wir sehen im Gegentheil, wie das Meer fortwährend einzelne Bewohner abstösst, Unterlegene im Kampf, denen dann noch die Rettung bleibt, sich in die Flussmündungen und Flüsse zurückzuziehen, falls ihr Organismus das verträgt. Wenn auch nach v. Martens „kein einzelner Bauplan der Organismen, wenn er überhaupt das Leben im Wasser zulässt, an sich mit Süsswasser oder Salzwasser unverträglich ist," so ist doch der Uebergang für viele Thiere von einschneidender Bedeutung gewesen und hat Anpassungserscheinungen von fundamentaler Bedeutung hervorgerufen. Ich erinnere an die Umwandlung der Respirationsorgane sowohl bei den niederen Schnecken wie bei einer Reihe von Wirbelthieren (Dipnoër, Amphibien). Es ist auch grösserer Beachtung werth, als geschieht, dass das Süsswasser sich nicht allein durch den Mangel des Salzes vom Meerwasser unterscheidet, sondern dass die in Seen und Flüssen reichlich entwickelte Vegetation chlorophyllhaltiger Pflanzen auch beständig freien Sauerstoff abgiebt, welcher jedenfalls einen besonderen Stimulus auf den niederen thierischen Körper ausübt. Niemals sind die hochspecialisirten Formen ins Süsswasser gerathen, weil ihr Organismus schon viel zu einseitig ausgebildet war, um eine derartige Revolution durchmachen zu können. Dagegen sehen wir die Ganoiden vor der Uebermacht der aus ihnen hervorgegangenen Teleostier in die Flüsse zurückweichen. Diesen alterthümlichen Fischen vermochte auch das ausschliessliche Leben in süssem Wasser keine neuen Formen zu entlocken, sie sterben jetzt allmählich aus, zumal ihnen in dem Menschen ein grausamer Feind erwachsen ist.

Die Crocodiliden, die eine offenbar alterthümliche, dem ursprünglichen

Reptiltypus nahe stehende Ordnung bilden, welche in der entlegenen Jurazeit zu den furchtbarsten Tyrannen des Meeres gehörte, ist durch stärkere aus dem alten Besitz vertrieben. Nur wenige Arten suchen noch zuweilen das Meer auf, die meisten sind ausschliesslich Bewohner der Flüsse, und die Gruppe der Alligatoriden hat sogar terrestrische Gewohnheiten angenommen. Damit ist wieder ein neuer Zug in den Entwickelungsgang dieser Ordnung gekommen, und während die langschnauzigen Gaviale und ein Theil der Krokodile offenbar dem Erlöschen entgegengehen, haben sich die Alligatoriden wieder mehr ausgebreitet und sich in zahlreiche Arten gespalten.

Die jetzt so ausschliesslich dem süssen Wasser eigenen Karpfen stammen nebst den jetzigen Welsen von ausschliesslich marinen Vorfahren ab, welche den südamerikanischen Panzerwelsen (Arius) verwandt sind. Hier ist der Uebergang zum Süsswasser die Einleitung einer auffallenden Blüthezeit geworden und trotz der Hechte, Barsche und Lachse, die ihnen nachstellen, erhalten sich diese Physostomen im engeren Sinne durch das Uebergewicht ihrer Anzahl als die herrschenden Formen.

Unter den Mollusken nennen wir die Malermuscheln, Unio, die in zahllosen Arten in allen Flüssen der Erde als unbestrittene Besitzer sich finden, während ihre marinen Vorläufer, die Cardinien der Liaszeit, längst erloschen sind. Die erst später ausgebildeten Gattungen der Unioniden, denen dieses hohe Alter nicht zukommt, zeigen dagegen nicht die kosmopolitische Verbreitung, sondern sind häufig in auffallender Weise abhängig von den physikalischen Bedingungen, die ein Land beherrschen oder in nicht sehr entlegenen Zeiten beherrscht haben. Ueber die Herkunft der Lungenschnecken wissen wir nichts; in unbestimmten Typen erscheinen sie schon in der Kohlenformation und es ist nicht ganz unwahrscheinlich, dass sie mit den echten marinen Schnecken überhaupt genetisch nicht verwandt sind und die Aehnlichkeit der Form nur Convergenzerscheinungen danken. Mit den Ampullarien, Valvaten, Littorinellen u. s. w. haben sie keine Berührung; diese sind Nachkömmlinge mariner Formen, welche sich allmählich dem Leben im Brack- und Süsswasser angepasst haben und in dem neu eroberten Terrain ebenfalls sich stellenweise mächtig entfalteten, während die Reihe der marinen Descendenten sehr in den Hintergrund gedrängt ist.

So sehen wir immer denselben Vorgang sich wiederholen: eine einfachere Form wird durch eine stärkere im Meere depossedirt, wandert aus in das Süsswasser, und fristet hier ihr Dasein in wenig gestörter Ruhe oder bringt es sogar zu erneutem Aufschwung.

Die sich fortwährend abwechselnden specialisirten Typen des Meeres sind im Allgemeinen nicht mehr nachgiebig genug, um die Anpassung an das Süsswasser durchmachen zu können; siphonostome Gastropoden gehen so wenig in die Flüsse wie die normalen Stachelflossen (mit Ausnahme relativ weniger Arten der Perciden, Gobiiden, Gasterosteiden u. a.).

Brechen wir diese Abschweifung ab, um uns noch einmal der Thierwelt des Wealden zuzuwenden. Den Ganoidfischen sind ihre grimmigsten Feinde gefolgt; Crocodiliden bewohnen die Aestuarien und Flussmündungen in Masse und neben den breitschnauzigen Goniopholiden, deren Panzerplatten wie die Schuppen der Ganoiden ineinander greifen, durchfurchen auch die gavialartigen Pholidosaurus, deren interessanter Stamm in Tomistoma, dem Schnabelcrocodil Borneos, einen letzten Ausläufer in die Gegenwart gesendet hat, pfeilschnell die Fluthen. Die eigenthümliche, aber günstige Erhaltung ihrer Reste im Wäldersandstein von Obernkirchen hat es ermöglicht, auch über die innere Organisation, speciell über das Nervensystem, Gehirn und Gehör Aufschlüsse zu gewinnen. Jeder Hohlraum des Skelettes, die feinsten Gänge der Adern und Nerven, sind von feinem Sandstein durchdrungen; selbst die halbkreisförmigen Kanäle sind von Formsand ausgefüllt. Die Knochen sind dagegen weich und mürbe geworden, stellenweise ein lockeres Pulver, welches sich leicht fortblasen lässt, sodass jene natürlichen Injectionspräparate frei zu Tage treten, und aus den Hohlformen kann die natürliche Gestalt der weggeätzten Knochen in voller Schärfe wieder gewonnen werden. Das Resultat der Untersuchung war, dass der langschnäuzige Pholidosaurus, der im Schädelbau offenbare Verwandtschaft mit Tomistoma bekundet, im Bau des Gehirns und Gehörs schon fast ganz auf der Höhe der in der Jetztzeit erreichten Organisation steht, obwohl man ihn nach andern, oberflächlicheren Merkmalen den Teleosauriern anschliessen würde, welche die Jurazeit kaum überleben. Wenn Bernissartia, das Wealdencrocodil von Bernissart, zu den echten Crocodilen, Goniopholis zu den Alligatoren hinüberführt, so knüpfen an Pholidosaurus die Tomistomiden und die in der Jetztzeit häufigeren Gaviale an, deren Reihen sich erst in der oberen Kreide trennen. Trotz der äusseren Aehnlichkeit bleiben die echten Teleosaurier von den Gavialen weit getrennt und dürfen nicht in ihre Ahnenreihe eingerückt werden.

Auch von den Crocodiliden lässt sich sagen, dass sie ihre Rolle im Meere ausgespielt haben und allmählich auf die Flüsse beschränkt werden. Dagegen ist die Häufigkeit von Plesiosaurus-Resten im Wealden eine merkwürdige Erscheinung, denn gerade während der oberen Kreide erreichen sie im Meere einen hohen Aufschwung und zeigen sich zum Theil in riesigen

Arten. Man kann nur annehmen, dass sie wie die Haifische Wanderer zwischen der offenen See und den Aestuarien waren.

Fährten verschollener Thiere, von denen man sonst nichts kennt, gehören zu den undankbarsten Gegenständen, mit denen die Palaeontologie sich zu beschäftigen hat, aber das Geheimnissvolle, das diese flüchtigen und doch durch Aeonen von Jahrhunderten überlieferten Spuren umkleidet, reizt zu beharrlichen Untersuchungen mächtig an; mit der Zähigkeit eines Jägers und Pfadfinders häuft man die kleinsten Anzeichen, die zur richtigen Deutung verhelfen können, besonders dort, wo andere Mittel, sich über die lebenden Wesen früherer Perioden zu unterrichten, spärlich sind.

Wenn an der Küste von Hastings das Meer zur Ebbezeit die Schichten des Sandsteines verlässt, der dort die Grenze des Landes bildet, treten oft auf weite Erstreckung hin die Pfade grosser Geschöpfe hervor; dreizehige, plumpe Tatzen von 8 bis 28 engl. Zoll Länge ordnen sich schrittweise und derart, dass man auf den aufrechten oder känguruhartigen Gang der Bestien mit Sicherheit schliessen kann. Einen ganz entsprechenden Fund in Deutschland beschreibt Struckmann: „Die Eindrücke, welche die Füsse des Thieres auf dem offenbar ziemlich festen und zähen Schlammboden des damaligen Gestades hinterlassen haben, wurden von einer sandigen Masse ausgefüllt, welche später nach der Hebung oder nach dem Zurückweichen der Wealdengewässer zu einem sehr harten, etwas thonigen Sandsteine erhärteten. Auf dieser Gegenplatte haben sich nun die in Relief erscheinenden Abgüsse der Fussfährten vortrefflich erhalten, wenn auch manche Einzelheiten des Fusses auf den Eindrücken der unteren Platte, die regelmässig mit den Abgüssen der Gegenplatte correspondiren, besser erhalten sind. Selbstverständlich sind einzelne Fährten durch die Wirkungen des Wassers und durch den seitlichen Druck in ihrer Form verändert; auch greifen die Fussabdrücke manchmal in- und übereinander; ja an einzelnen Stellen sind förmliche Löcher entstanden, an denen das Thier länger verweilt und tiefer in den Uferschlamm eingesunken ist. Daneben sind Risse und Sprünge, welche in dem erhärteten Schlamme entstanden sind, auf den Gegenplatten als entsprechende Erhöhungen sichtbar; auch ist ein sanfter Wellenschlag (ripple-marks) hier wie in England an einzelnen Stellen wahrnehmbar.“ Die Hauptfundstellen sind die Steinbrüche bei Rehburg, doch beobachtete ich sie auch nicht selten bei Obernkirchen. Zweifelhaft erscheint mir aber noch immer, ob die Deutung als Fährten der riesigen Iguanodonten das Richtige getroffen hat, denn wir werden sehen, dass dieses Thier, welches in der That zweibeinig ging, einen riesigen Schwanz nachschleppte, zugleich eine kraftvolle Stütze und furcht-

bare Wehr, und niemals sind die Schleifspuren dieses grossen und starken Körpertheiles entdeckt.

Diese ungefügen Fusstapfen sind in Norddeutschland die bekanntesten und fast die einzigen Zeichen der Erinnerung an die verschollene Reptiliengruppe, deren wir schon früher gedacht haben, an die Dinosaurier. Die gewaltige Erscheinung der Iguanodonten führen uns die 23 Skelette im Brüsseler Museum recht lebhaft vor die Augen. Wenn es zutrifft, den Dinosauriern im Haushalte der Natur die Rolle zuzuschreiben, welche seit dem Tertiär die Säugethiere spielen, so kann man diese bis 30 und mehr Fuss langen Geschöpfe den Elephanten vergleichen, die im schwerfälligen Pass Bäume und Sträucher auf dem Wege zum Wasser zerknicken. Als Mantell zuerst die spatelförmigen, an den Rändern gekerbten Zähne dieser Thiere im Wealden des Tilgate forest entdeckte, verglich er sie mit den Zähnen des in Brasilien lebenden Leguans (Iguana), alle späteren Funde haben dargethan, dass nicht die geringsten Verwandtschaftsbeziehungen zu dieser Eidechse existiren.

Da Iguanodou der am vollständigsten bekannte Dinosaurier und der wichtigste Vertreter der Gruppe der Ornithopoda ist, so möge eine kurze Beschreibung das umstehende Bild begleiten (Fig. 100).

Am meisten fällt uns zuerst die Haltung auf; der Schwerpunkt des ganzen Thieres ruht in der Beckenregion, welche von massigen Hinterbeinen getragen und von einem Schwanze gestützt wird, dessen Function sich in den riesigen Dornfortsätzen und Hämapophysen, sowie in den verknöcherten Sehnen, welche neben den Dornfortsätzen liegen, deutlich ausspricht. Die senkrecht nach unten gerichteten, ausserordentlich langen Sitzbeine deuten den Umfang des Unterleibes an, der tief zwischen den Hinterbeinen herabschleppte. Die Vorderextremität ist auffallend kleiner als die hintere und diente diesen Pflanzenfressern zum Ergreifen von Aesten und Wedeln, nicht zur Fortbewegung. Der Daumen ist eigenthümlich gestaltet, ein derber, rechtwinklig abstehender Stachel, den man früher, ehe die zusammenhängenden Skelette von Bernissart gefunden waren, als einen dem Schädel aufgesetzten Hornzapfen deutete. Gegen die Riesenmasse, welche in der hinteren Region des Körpers angehäuft ist, fällt weder der Brustkorb, noch der Schädel ins Gewicht; letzterer erscheint eher klein im Verhältniss. Die unbezahnten, die langen Nasenlöcher fast ganz umschliessenden Zwischenkiefer erinnern etwas an den Typus der Wiederkäuer, und der zahnlose, aber scharfkantige, vor der Unterkiefersymphyse gelegene Knochen, den man als Symphysale oder Praedentale bezeichnet, deutet wie jene auf Hornscheiden, deren Reste bei

der verwandten Gattung Hadrosaurus aus der oberen Kreide von Dakota und Montana sich zuweilen erhalten haben. Während die scharfkantigen Zähne des Ober- und Unterkiefers wie die Hälften einer Scheere übereinander gleiten und zum Abbeissen auch der härteren Pflanzentheile dienlich sein mochten, war vielleicht die eigentliche Zerkleinerung der Nahrung den vorderen Theilen des Rachens, jenen Hornkiefern, übertragen. Diese Thiere lebten ausschliesslich an den Wealdenseen, deren seichte Gewässer sie auf-



Fig. 100. Iguanodon bernissartensis Dollo. Aus dem Wealden von Bernissart. (Nach Dollo.) Die Schwanzwirbelsäule ist des Formates wegen umgelegt gezeichnet; ihre massige Construction und die verknöcherten Bänder machen es wahrscheinlich, dass sie ziemlich starr war und gestreckt getragen wurde.

recht, in der Haltung eines Vogels, durchschritten, um die Ufer abzuweiden. Freilich, ob sie ausschliesslich von Pflanzennahrung lebten, erscheint doch fraglich, und manche Kruster, Weichthiere oder kleine Fische werden ihr Grab in dem Magen dieser Ungeheuer gefunden haben.

Die Vogelähnlichkeit, welche man im Bau des Beckens, des Sacrums und der Hinterextremität der Ornithopoden zu finden geglaubt hat, ist lediglich eine Folge des Ganges dieser Thiere und der Uebertragung der Haupt-

körperlast nach hinten, eine jener vielen Convergenzerscheinungen, welche die Entzifferung wahrer Verwandtschaft erschweren. Das Sacrum besteht nicht aus 2, sondern aus 5—6 fest verschmolzenen Wirbeln, und dementsprechend wächst die Länge des Darmbeines, an welchem die Hinterextremität ihren Hauptangelpunkt findet. Das Ischium oder Sitzbein dehnt sich zu einem langen Knochenstabe, und ausserdem erhält die Bauchwand noch eine Stütze in einem nach hinten gerichteten Fortsatze des Schambeines, in dem sog. Postpubis. Aber alles das kann nicht darüber hinwegtäuschen, dass in anderen Theilen des Skelettes, besonders aber auch im Bau des Schädels, der inneren Schädelkapsel sowohl wie der Deckknochen sich eine principielle Verschiedenheit vom Vogeltypus offenbart, welche man nur im ersten Verfolg einer begeistert aufgenommenen Idee übersehen und offenbaren Anpassungserscheinungen unterordnen konnte. Selbst die vogelähnlichsten Dinosaurier sind es nur in einzelnen Theilen, während übrigens nur die allgemeinsten, bei allen Sauropsiden nachweisbaren Homologien zum Ausdruck kommen. Die Ahnen der Vögel sind noch nicht entdeckt.

Der letzte Grund dieser Convergenz bleibt unerklärt. Nahe liegt es, das Uebergewicht der hinteren Gliedmassen in Parallele mit dem viel jüngeren Megatherium der Pampasformation zu bringen, welches nach der Darstellung Owen's auf die enormen Hinterbeine und den Schwanz gestützt die höheren Zweige der Bäume mit den Vorderextremitäten an sich riss. Aber die Riesenleiber der Iguanodonten haben eine längere Geschichte, als dass wir die starke Ausbildung der hinteren Körperhälfte einzig auf Rechnung der Lebensweise dieser Thiere selbst setzen dürften. Ein altes Erbtheil wird hier weiter ausgebildet und einem bestimmten Zwecke entsprechend gemodelt, die Entstehung dieser dem Reptiltypus widerstreitenden Einrichtung muss aber weiter zurückverlegt werden. Kleine hüpfende Arten haben sie wohl zuerst erworben, während bei diesen plumpen, 30 Fuss langen Bestien nicht mehr an diese Bewegungsart gedacht werden kann. Wären die dem Iguanodon zugeschriebenen Fährten wirklich von ihm hinterlassen, so hätte man hier den Beweis. Ich bezweifele die Richtigkeit der Deutung, aber trotzdem erscheint es kaum fraglich, dass Iguanodon sich nur schrittweise bewegte.

Wir würden ein falsches Bild von dem Formenreichthum der Dinosaurier erhalten, wenn wir unsere Betrachtungen auf Europa oder gar auf Deutschland beschränken wollten. Schon in England tritt eine grosse Reihe von Arten auf, die wir aus Belgien und Norddeutschland, aber wohl nur durch Zufälligkeiten in der Erhaltung noch nicht kennen; dagegen ist der Gegensatz zu der gleichzeitigen Dinosaurierfauna Nordamerikas ein tiefer, geogra-

phisch begründeter. Selbst generische Uebereinstimmung ist nur in wenigen Fällen sicher nachgewiesen. Die berühmtesten Fundstellen sind die sog. „Atlantosaurus-beds“, welche ziemlich genau unserem Wealden entsprechen; sie folgen dem Ostabhange des Felsengebirges in einer Hunderte von Meilen langen Erstreckung und wurden besonders bei Cañon-City, Colorado und in Wyoming ausgebeutet. Die Sammlungen, welche Cope und Marsh hier zusammengebracht haben, sind in zahlreichen Arbeiten beschrieben, und wenn auch noch nicht alles gleichmässig durchgearbeitet ist und leider auch, wie ein unerquicklicher Zeitungskrieg der jüngsten Zeit ergeben hat, die wissenschaftliche Gründlichkeit zuweilen dem Hange zu überraschen geopfert ist, so gehören doch die Entdeckungen in den Atlantosaurus-beds zu den grössten Errungenschaften auf palaeontologischem Gebiete.

Es tritt deutlich hervor, was wir oben erwähnten, dass die Dinosaurier damals die herrschende Thierclasse waren, dass sie an Lebenskraft, Abwechselung der Formen und Zahl der Individuen ganz die Rolle spielten, die seit dem Tertiär die Säugethiere übernommen haben und die ein Zeitalter vorher den grossen Amphibien zukam. So lösen sich die Typen ab, und in dem Momente, wo der Höhepunkt erklommen ist, regen sich auch schon die Vorboten des zukünftigen Falles. Hier und da finden sich neben den Knochen der gigantischen Reptilien die Kiefer kleiner, unscheinbarer Säugethiere, welche wohl nur den kleinsten Reptilien oder ihrer Brut gefährliche Feinde sein konnten. Aber Riesenformen erschöpfen sich selbst; welches Land vermöchte auf die Dauer sechzig bis hundert Fuss langen Geschöpfen den zur Erhaltung aller vitalen Energien nöthigen Spielraum zu gewähren? Es mangelt die den Massen adaequate Steuerung, es kommt zu Hypertrophien, ursprünglich nützliche Organe werden durch unaufhaltsame Uebertreibung zu Ballast, und der Körper erstickt schliesslich gleichsam unter seiner eigenen Last. Wenn sich gerade die riesigsten Dinosaurier durch die geringe Grösse der Gehirnhöhle auszeichnen, wenn dieses sogar bei einigen Arten um das dreifache, ja bei Stegosaurus um das zehnfache von dem Volumen der sacralen Rückenmarksanschwellung übertroffen wird, so liegt in dieser Herabsetzung des centralen Systems ein verständlicher Hinweis auf die Ursache des Unterganges einer so mächtigen Ordnung. Es braucht sich hier gar nicht um intellectuelle Fähigkeiten zu drehen, sondern nur um eine bestimmte Summe thierischer Energie; zweifellos sind Willensäusserungen auch von Einfluss auf den Ausbau des Körpers, und zweifellos wächst die Gefahr der Minderwerthigkeit bei der allgemeinen Concurrenz, je mehr der Körper dem Bereiche des Willens entrückt wird.

Aus der Schaar der beschriebenen Arten wähle ich nur wenige auffallende Typen heraus. Da sind zunächst die Sauropoden, die am meisten noch dem allgemeinen Typus der Reptilien treu geblieben sind, aber wahrhaft colossale Dimensionen erreichen, Pflanzenfresser und echte Landthiere, mit kleinen Hufen an den Zehengliedern. Nichts erinnert an Vogelähnlichkeit. Die grossen Hohlräume der Wirbel sind irrig mit den pneumatischen Räumen der Vogelknochen verglichen, denn diese haben eine ganz bestimmte Beziehung zur Athmung, die in diesem Falle nicht vorhanden ist. Owen hat die Meinung geäussert, dass sie im Leben mit Knorpelgeweben oder Fett gefüllt waren, und Gaudry hat zuweilen ein ganz zartes, spongiöses Knochennetzwerk beobachtet, welches durch die bei der Fossilisation sich abspielenden Vorgänge leicht zerstört wird. Bei den Sauropoden steht den leichten, von Hohlräumen durchzogenen Hals- und Rückenwirbeln in den völlig massiven, selbst der Markhöhle entbehrenden Extremitätenknochen ein kräftiges Gewicht gegenüber, welches als in der Basis des thierischen Körpers angebracht, die Stabilität desselben umsomehr erhöht, je leichter die Rückenaxe ist. Denken wir uns umgekehrt diese gigantischen Wirbel solide und von der festen Textur der Gliedmassen, so würden sich diese nur kümmerlich unter der Wucht des Körpers hinschleppen können. So wirkt die Verminderung der Masse, auch wenn die Hohlräume nicht Luft, sondern Fett oder Gewebe enthielten, günstig auf die Statik des Körpers. Man werfe nur einen Blick auf die Reconstruction des 60—70 Fuss langen Brontosaurus, um zu ermessen, welche Massen hier bewegt werden sollen (Fig. 101).

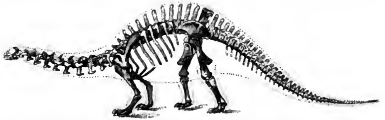


Fig. 101. Brontosaurus excelsus Marsh. Aus den Atlantosaurus Beds von Wyoming. Sehr stark verkleinert. Die Länge betrug gegen 20 m. Reconstruction nach Marsh.

Ein Vergleich mit dem Skelett von Iguanodon zeigt, wie verschieden die Körperhaltung dieser zu einer Ordnung gerechneten Reptilien ist. Indem das Gewicht auf beide Gliedmassenpaare vertheilt wird, kommt die vogelähnliche Ausbildung des Beckens und der mit ihm in Beziehung stehenden Theile in Wegfall. Einen wunderlichen Eindruck macht die Kleinheit des Kopfes, dessen winziges Gehirn von der Rückenmarksanschwellung der

Sacralgegend, dem sog. Sacralgehirn, um das mehrfache übertroffen wird; schon der vierte Halswirbel hat einen grösseren Durchmesser als der ganze Schädel. Die Länge des Atlantosaurus, eines nahen Verwandten, wird von Marsh auf 115 Fuss berechnet; die Oberschenkel allein haben die Grösse von 2 m, überragen also einen hochgewachsenen Mann. Beide sind amerikanische Formen, aber die europäischen Cetiosaurus und Ornithopsis bleiben nicht viel hinter diesen Dimensionen zurück.

Diesen plumpen, pflanzenfressenden Sauropoden, deren zahlreiche Gattungen wir trotz des Interesses, das sich daran knüpft, hier nicht besprechen können, stehen die Theropoden als vollendete Carnivoren gegenüber. Jene traten mit der ganzen Sohle auf, krochen schwerfällig am Ufer und im Gebüsch umher, während diese nur mit den Zehen den Boden berührten, die mit spitzen, gekrümmten Klauen bewehrt waren. Die Hinterbeine sind bedeutend grösser als die vorderen, mehr zum Greifen eingerichteten Glieder, und trugen den Körper entweder im Schritt oder durch sprungweise Bewegung. In der Ruhe nahmen die Thiere eine kauernde oder hockende Stellung ein, wobei der kräftige Schwanz als Stütze diente. Der gewaltige Zanclodon der Trias ist schon früher erwähnt; im Wealden sind es besonders die Megalosauriden, welche diese Gruppe repräsentiren. Ihre messerklingenartigen Zähne, welche am scharfen Vorder- und Hinterrande gekerbt sind, finden sich auch im norddeutschen Wälderthon. Es waren Bestien von gegen 30 Fuss Länge, wenn wir die gigantischen Verhältnisse des im braunen Jura von Caen entdeckten Poecilopleuron auf Megalosaurus übertragen. Allosaurus ist eine verwandte Gattung aus den Atlantosaurus-beds von Colorado. Bei den Ceratosauriern, die nur amerikanisch sind, trug der bis in seine Einzelheiten studirte Schädel auf den Nasenbeinen einen hohen Knochenwulst, der vielleicht zur Basis eines hornigen Gebildes diente. Die Angabe, dass die drei Metatarsalia des Hinterfusses wie bei den Vögeln verwachsen seien, wurde bei der Discussion über die Abstammung der Vögel vielfach verwerthet, hat sich aber als irrig herausgestellt, da eine pathologische Bildung vorliegt. Die Zähne sind die der Megalosauren, deren Schädel leider nicht genügend bekannt ist und einen genaueren Vergleich nicht erlaubt; vielleicht gehören Ceratosaurus und Megalosaurus in eine Gattung.

Die Gehirnhöhle ist bei Ceratosaurus weit grösser als bei den Sauropoden und dasselbe können wir für Megalosaurus annehmen; diese räuberischen Reptilien waren neben den furchtbaren Waffen ihres Körpers auch mit grösseren intellectuellen Fähigkeiten ausgerüstet und haben in der That längere Zeit ihren Platz behauptet als die Sauropoden, denn sie sind von

der Trias bis in die obere Kreide verbreitet. Die Extremitätenknochen sind hohl und ebenso die sämmtlichen praesacralen Wirbel; ob mit Luft oder mit Gewebe erfüllt — die Last war dadurch vermindert und einer raschen Bewegung des Körpers, der bei Ceratosaurus auf 3 m, bei Megalosaurus auf weit mehr anzuschlagen ist, Vorschub geleistet.

Kleiner, aber vielleicht nicht weniger räuberisch waren die vogelleichten Coeluriden, deren Skelettknochen fast sämmtlich hohl sind. Man kennt ihre Organisation noch sehr wenig und es mag genügen, auf ihr gleichzeitiges Vorkommen in Amerika und Europa (Aristosuchus) aufmerksam zu machen. Dagegen müssen wir, um das Bild zu vervollständigen, aus der Gruppe der Orthopoden, denen Iguanodon angehört, noch einige hervorragende Gestalten vorführen. Dahin gehören die Stegosaurier, die allein unter den Dinosauriern in einen Hautpanzer gehüllt waren. Mit mächtigen, zugespitzten Stacheln, welche auf dem hinteren Theile des Schwanzes zu zwei bis vier Paaren neben der Wirbelsäule standen, konnten sie zu zerschmetternden Schlägen ausholen, während die Panzerplatten des Rumpfes gegen Angriffe eine ausdauernde Deckung verliehen. Der Schädel ist lang und durch die zahnlosen Praemaxillen und das Praedentale dem der Iguanodonten ähnlich; kleine Zähne besetzen Oberkiefer und Dentale. Die colossale Stärke der Hinterextremitäten und des Schwanzes contrastirt mit den kleinen, fünfzehigen Vordergliedmassen, und ebenso fällt der Grössenunterschied zwischen der Erweiterung des Rückenmark-Canals in der Beckengegend und dem minimalen Raum der Gehirnhöhle auf. Im Becken zeigt sich eine Annäherung an den Typus der Vögel, gegenüber der so ganz abweichenden Ausbildung des Gesammtkörpers wohl der beste Beweis, wie wenig man aus solchen Convergenzen auf die Stammesgeschichte Rückschlüsse machen kann.

Zahlreiche und grosse Schildkröten stellten sich schon in den letzten zum weissen Jura gerechneten Schichten ein. Die Sümpfe und Lagunen des Wealden begünstigten das Gedeihen dieser Gruppe, ohne gerade neue Formen zu zeitigen. Die Pleurodiren haben noch das Uebergewicht, auch Trionychiden kommen vor, und als Seltenheit finden sich kleine Knochen, die vielleicht auf echte Landschildkröten gedeutet werden müssen.

Unsere Uebersicht über das Thier- und Pflanzenleben der Wealdenzeit ist damit beendigt. Begleiten wir jetzt das Meer auf seinen Wanderungen während derselben Zeit.

B. Die Meeresgebilde der unteren Kreideformation.

Wir knüpfen auch hier unsere Betrachtungen zweckmässig an deutsche Verhältnisse und Beobachtungen an.

Mit der Wealdenepisode klang die Jurazeit aus, obwohl sie nach formalen Gesichtspunkten der Kreide zugerechnet werden muss. Von der grossen Parallelentwickelung der Thierwelt auf dem Festlande wurde uns ein Bruchstück geboten, welches insofern inniger mit dem marinen Thierleben des Jura verbunden ist, als die höchsten Etagen dieser Formation in Mitteleuropa vielerorts eine Abnahme der Meeresbedeckung, eine Abnahme des Salzgehalts der noch vorhandenen Gewässer erkennen lassen, bis diese sich schliesslich in Brackwasserseen verwandeln, die einen breiten Küstensaum einnehmen, und von den aus dem trockengelegten Innern des Landes zuströmenden Flüssen nicht selten ganz ausgesüsst werden. Inzwischen stand das Meer in anderen Gebieten und lagerte hier Sedimente ab, die unmittelbar auf die obersten marinen Juraschichten folgen und daher der untersten Kreide zugehören. Langsam bereitet sich eine neue Transgression vor und als die Brandungswelle des Meeres sich wieder bis Norddeutschland vorgeschoben hatte, brachte sie eine Thierwelt mit, welche nicht nur der des Wealden, sondern auch der unserer obersten Juraschichten abweichend gegenüber steht. Ob der Boden sich gesenkt hat, ob andere Kräfte das Meer zum Wandern bewogen, soviel ist fest, dass das ganze Terrain, das zur Wealdenzeit Festland und Gebiet grosser Binnenseen und Lagunen war, vom Meere rückerobert wurde, welches die Hügel abschliff und seine Absätze über die verschiedensten Schichten ausbreitete. Mit dem Beginn des als oberes Neocom bezeichneten Abschnittes war die Arbeit gethan und ein zusammenhängendes Meer wogte über Norddeutschland, Belgien, Nordfrankreich und England. Folgende Erscheinungen erklären sich nun leicht: Nirgends liegen die Schichten des unteren Neocoms (im Sinne der deutschen Geologen) über dem Wälderthon, sondern beide schliessen sich in ihrer Verbreitung aus; unteres Neocom liegt den verschiedenartigsten Gebirgsgliedern aufgelagert, von der Trias an, obwohl wir wissen, dass einstmals die ganze Gegend von oberjurassischen Sedimenten bedeckt war; oberes Neocom liegt sogar dem Wealden aufgelagert.

Eine andere Frage erhebt sich: Wohin lief das Jurameer ab, woher kehrte es wieder? Schritt für Schritt muss man der vergleichenden Stratigraphie folgen, um zu einer befriedigenden Antwort zu gelangen, die hier nur als gedrängtes Resumé vieler sich unterstützender Arbeiten gegeben

werden kann. Der Schluss der schon besprochenen Portlandphase bezeichnet die Zeit der grössten Einengung des Jurameeres; die folgenden Abschnitte, denen wir in Deutschland die Münder Mergel und den Serpulit (Purbeck) zuzählen, zehrten an den zurückgelassenen Lagunen. Entweder verfielen sie der Aussüssung, oder sie wurden durch Verdunstung zu Salzlaken, aus denen Gypse und Steinsalz in weiter Verbreitung sich niederschlugen. Aber das Sinken des Meeresstrandes hatte aufgehört; das Purbeck brachte die ersten Oscillationen und zur Zeit des Wealden wurden manche Verbindungen mit der offenen See wieder hergestellt, regten sich die Symptome einer neuen Ueberfluthung. Die Gegend der jetzigen Alpen gehörte damals zum centralen Mittelmeere; von hier aus erfolgten die ersten Vorstösse des sich wieder ausdehnenden Meeres, die sich zunächst, in der Zeit des untersten Neocoms, auf eine locale Transgression in einem Theil Frankreichs, vom Jura bis Sancerre beschränken. Auch bei Valencia sind marine Ablagerungen aus dieser Zeit bekannt und überall auf den Balearen, die also damals nicht als Inseln existirten; weiter einwärts nach Spanien verlieren sich die Spuren dieses Meeresübergriffes bald in brackischen und Süsswasserbildungen, die bis Santander reichen. In Portugal kennt man Meeresgebilde aus dieser Zeit nur in der Serra de Cintra, also unweit des Meeres; im Osten werden sie auch hier durch Wealdenbildungen vertreten.

Die untersten Kreidebildungen Norddeutschlands, Nordfrankreichs und Englands sind jünger; nur die unteren Hilsschichten entsprechen noch dem Valanginien der Franzosen, das sogen. Infraneocom fehlt überall im Norden. Ehe das Meer bis dahin drang, war auch schon wieder eine geologische Phase verstrichen; schrittweise musste das Terrain erobert werden und Wealden und Meeresgebilde lagern oft dicht nebeneinander. Noch immer sandten die Ströme von den westlich gelegenen Festlandsmassen ihren Schutt und Schlamm in die grossen Binnenseen von Hannover, Braunschweig, Südengland und der Charente, doch ist der reine Süsswassercharacter fast überall durch brackische, selbst marine Beimengungen getrübt.

Der obere Hilsthon, dem Hauterivien der französischen Gelehrten entsprechend, liegt überall über den Wealdenschichten, die Herrschaft des Meeres ist damit wieder fest begründet.

Die Untersuchung der Thierreste, welche Hils und Neocom einschliessen, ergiebt die bemerkenswerthe Thatsache, dass die mediterranen Arten in grosser Ueberzahl vorhanden sind; da in den letzten Phasen der Jurazeit die nach Norden und Nordwesten vorgeschobenen Ausläufer des Mittelmeeres localen Einflüssen sehr ausgesetzt waren, so ist eine unmittelbare Verknüpfung mit

der letzten Fauna der Jurazeit unmöglich. Verschwanden doch in Norddeutschland alle pelagischen Typen schon mit dem Kimmeridge. Kein Belemnit ist in der ganzen Entwickelungsreihe des braunschweigisch-hannoverischen oberen Malms bekannt. Ammoniten sind seit dem Oxford ungemein selten und tauchen nur bei Beginn der Portlandzeit plötzlich in Riesenformen auf, die nach eng begrenzter Existenz ebenso plötzlich verschwinden. Die spärlichen Relicte von Crustaceen und Muscheln, die hier und dort in den Lagunen des Wealden ihr Dasein fristeten, stehen der pelagischen Thierwelt, die mit dem Hils ihren Einzug hält, fremd und unvermittelt gegenüber. Ihr Grundzug ist mediterran, aber von mehreren Forschern, besonders von Neumayr, ist mit Recht auf eigenthümliche Elemente hingewiesen, die sich nur durch Einwanderung aus einem anderen Meeresbecken erklären lassen.

Wir erinnern uns, dass zwei Meeresarme das russische Jurameer mit dem deutsch-österreichischen verbanden; der über Pommern, Memel und die Gegenden der Windau (Popilany) führende wurde zur Zeit des Oxford durch eine Barrière gesperrt, aber über Polen reichte noch während der Ablagerung des Kimmeridge das europäische Jurameer weit nach Russland hinein, bis Simbirsk, Orenburg, Nischni Nowgorod, und die zerstückelten Schollen sind nur die Reste einer weit ausgedehnten Bedeckung. Anscheinend früher als in Westeuropa trat die Wendung ein; das europäische Meer wurde zurückgedrängt, das Land trat weit heraus, aber bald darauf drängte das gewaltige boreale Meer, welches in Sibirien fast nirgends den Polarkreis überschritt, wieder stärker gegen Südwesten. Bis in das westliche Polen reichen die Spuren dieses transgredirenden Oceans, und das Festland mit seinen Wealddistricten wurde auch von dieser Seite her eingeengt. Durchbrüche erfolgten und veranlassten jene Mengung der Faunen, welche besonders deutlich an den Ammoniten der deutschen Hilsbildungen hervortritt. Die faunistische Absonderung der Meere verwischt sich noch mehr in den höheren Stufen; während der Zeit des Aptien diffundirten die Faunen und das Gaultmeer wurde überall, wo es durch seine Ablagerungen nachgewiesen ist, durch dieselben Formen belebt.

Jene Meeresabsätze von Moskau, Simbirsk und anderen Gegenden des russischen Reiches, welche durch ausgezeichnete Erhaltung und das schöne irisirende Farbenspiel der Fossilien frühe die Aufmerksamkeit auf sich gezogen und durch den eigenartigen Character ihrer Fauna eine lebhafte Discussion entfacht haben, werden nach dem Vorgange der russischen Geologen als Wolgastufe bezeichnet. Für einen richtigen Vergleich mit den westlichen

Gebieten hat besonders Nikitin gewirkt. Im Folgenden mag noch ein Punkt hervorgehoben werden. In Norddeutschland hat man sich seit den grundlegenden Arbeiten von Strombeck's der Belemniten mit Erfolg zur weiteren Eintheilung der unteren Kreide bedient, die in den wichtigsten Gebieten fast nur als thonige Ablagerung bekannt ist und deren stratigraphische Verhältnisse daher ohne die Hülfe von guten Leitfossilien sich schwer würden entwirren lassen. Die Belemniten dieser Zeit erweisen sich als sehr empfindliche Arten, in deren Veränderungen sich der Verlauf der geologischen Unterstufen genau registrirt. Ich will dieses Beispiel, wie palaeontologische und geologische Methode Hand in Hand gehen, etwas ausführen.

Die letzten Belemniten, drei Arten, finden sich als Seltenheiten in dem tiefsten Niveau des nordwestdeutschen weissen Jura, den sog. Heersumer Schichten; sie wanderten somit noch früher aus als die Ammoniten und Nautilen, deren Reste zwar auch zu den Seltenheiten gehören, aber doch noch im Korallenoolith und unterem Kimmeridge gefunden werden. Obwohl auch die Schichten des obersten Kimmeridge nach rein marin sind, erscheinen sie wie vernichtet, und während im unteren Portland, welchem ein Theil der wichtigen Asphaltkalke zugehört und der daher in zahlreichen grossartigen Aufschlüssen studirt werden kann, ein Schwarm Ammoniten, aus der Gruppe der Coronaten und Perisphincten vorübergehend auftritt, sucht man nach wie vor vergeblich nach Belemniten.

Die herrlichen Abhänge des Ihts, eines langgestreckten Höhenzuges im Braunschweigischen und Hannöverschen, bringen noch höhere Stufen des Jura, und tiefe, dem Streichen der Schichten folgende Erosionsfurchen markiren deutlich die Folge der Eimbeckhäuser Plattenkalke, der Münder Mergel und des Serpulits, Gebilde brackischen, zum Theil fast süssen Wassers. In diese Zeit fällt der Rückzug des Jurameeres bis in sein mediterranes Becken, und es schliessen sich die Wealdenbildungen unmittelbar, oft untrennbar, an.

Bei Holzen, einem kleinen braunschweigischen Dorfe, wo die Höhen des Hils und des Ihtes zusammenstossen, liegt auf geringer Erstreckung bald auf oberem Kimmeridge, bald auf Gigas-Schichten, bald auf den Plattenkalken des oberen Portland, an einer Stelle auch auf Münder Mergel, oft mit Anhäufungen runder Meereskiesel, der untere Hilsthon. Bei Delligsen tritt er im Wechsellager mit Wealden auf, bei Recklinghausen und vielfach im Hannöverschen über Wealden der obere Hilsthon. Wir stehen hier am Ufer des vordringenden Kreidemeeres, dessen abradirende Thätigkeit auf den Schichtflächen des weissen Jura tiefe Spuren hinterlassen hat und das schliesslich auch die Areale der Wealdenseen sich zu eigen machte. Die Grenze dieses

Meeres lässt sich trotz der Denudation der Oberfläche ziemlich genau verfolgen; im Grossen und Ganzen wird sie durch eine Linie repräsentirt, welche vom Harz nach Westen über Hils und Teutoburger Wald gezogen wird.

Die Fauna dieser so deutlich transgredirenden Hilsschichten ist eine ziemlich reiche, stellenweise eine üppige. Unveränderlich wird sie durch Belemnites subquadratus characterisirt, der schon in den tieferen, oft conglomeratischen Hilsschichten sich findet, die noch ausserhalb der eigentlichen Wealdenarea und zu einer etwas früheren Zeit abgesetzt wurden. Den letzten jurassischen Belemniten Norddeutschlands steht diese Art fremd gegenüber, während die Verwandtschaft mit Belemnites lateralis aus dem Neocom Englands und mit Belemnites corpulentus der oberen Wolgastufe Russlands so gross ist, dass man sie wohl zu einer Art vereinigen kann.

Die Reihenfolge der Stufen und die Beziehung der Belemniten lässt sich folgendermassen ausdrücken:

4	Albien		Flammenmergel	
		Belemnites minimus	Minimusthone	B. minimus
			Tardefurcatusthone	
3	Aptien	Belemnites Ewaldi B. pistilliformis	Gargasmergel	B. semicanaliculatus sehr ähnlich dem B. Ewaldi
			Deshayesithone	
2	Urgonien	Belemnites brunsvicensis B. pistilliformis	Speetonclay Ancylocerenschichten	B. jaculum = pistilliformis
1	Valangien Hauterivien	Belemnites subquadratus	Oberer Hilsthon Hilsconglomerat Hilssandstein	B. lateralis, corpulentus = B. subquadratus
			Benennung der Schichten in Norddeutschland	Entsprechende Belemniten in England und Russland.

In den Gargasmergeln fand sich als grosse Seltenheit ein Belemnit aus der Gruppe der Notocoeli, die im Allgemeinen auf die mediterrane Provinz beschränkt ist. Der Vergleich dieser Stufen, die durch sorgfältige Detailbeobachtungen v. Strombeck's erkannt und von jüngeren Untersuchungen stets bestätigt sind, lehrt ohne Weiteres die Uebereinstimmung mit den englischen Profilen bis zum Beginne des Gaults, also mit dem gesammten Neocom der englischen Geologen. Andererseits resultirt aus der Beziehung des Wealden zum Purbeck und Portland, dass er jünger als diese ist; folglich sind auch die gleichzeitig mit dem Wealden entstandenen ältesten Kreideschichten jünger, und die beobachtete Auflagerung auf Münder Mergel und Portland beruht auf wirklicher Altersfolge und nicht etwa auf Wechsellagerung. Die Beziehungen unserer Hilsbildungen zu der Wolga-

stufe sind nicht allein durch die Identität der Belemniten gesichert; die Aehnlichkeit der Cephalopoden ist von mehreren Forschern hervorgehoben, und eine vollständige Durcharbeitung der Fauna der unteren deutschen Kreide wird noch manche überraschende Uebereinstimmung ergeben. Die obere Wolgastufe in Parallele mit den tiefsten Schichten des Profiles von Speeton zu setzen, wie es Nikitin mit vollem Rechte thut, heisst aber auch, sie mit unserem Hils parallelisiren und die Gleichstellung mit dem Purbeck ausschliessen; eins von beiden kann nur richtig sein. Ist die obere Wolgastufe unserem Hils und Speetonclay gleich, so ist die untere das zeitliche Aequivalent des Portland uud Purbeck in Gegenden, wo das Meer sich zurückzog, des Tithon, wo es constant blieb. Das lässt sich in folgender Weise verdeutlichen:

Kimmeridge. ‖	Untere Wolgastufe		Obere Wolgastufe →			↑	Russl.
Kimmeridge.	Portland	Purbeck	Wealden ‖	Hilsthon Neocomian	Brunsvicensis-Schichten	Aptfauna	Deutschl.
Kimmeridge.	Portland	Purbeck ‖	Hilsconglomerat	Hilsthon	Brunsv.-Schichten		Engl.
Kimmeridge.	Untertithon	Berrias	Infraneocom	Valangien	Hauterivien	Urgonien / Barrémien ↓	Mediterranes Geb.
Kimmeridge.	Untertithon	Obertithon →				Urgonieu	

Nach den häufig in Menge auftretenden Muscheln der Gattung Aucella und Ammoniten aus der Gruppe des A. (Perisphinctes) virgatus haben die Wolgaschichten auch die Namen Aucellen- oder Virgatenschichten erhalten. Abgesehen vom europäischen Russland erreichen Schichten mit Aucellen eine grosse Verbreitung in borealen Randgebieten Sibiriens, treten am Amur und der Boreja auf und ziehen sich über die Aleuten und die Queen-Charlotte-Insel in das westliche Amerika hinein. Neuerdings sind Spuren selbst im eigentlichen Mexiko, bei St. Luis Potosi, 22° nördl. Br., nachgewiesen. Spitzbergen und Ostgrönland sind die westlichsten Punkte ihrer Verbreitung.

Von Suess und Neumayr wird die Wolgastufe als Beweis des vordringenden borealen Meeres angesehen. Das Vorkommen von Aucellen, die auch im tropischen Mexiko, in Californien und Brasilien sich fanden, darf aber nicht ohne andere Gründe auf Wolgaschichten gedeutet werden, sondern beweist zunächst nur eine zoogeographische Beziehung des Fundortes zu der borealen Heimath dieser Muscheln. Wanderung und Verbreitung der Thiere ging Hand in Hand mit der Transgression des Meeres, aber

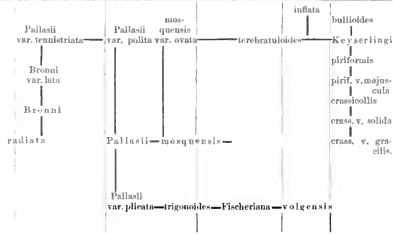
auch selbständig und zu verschiedenen Zeiten vor sich. Wir führen auch die in den Wernsdorfer Schiefern der Karpathen und im Rhônethal bei Barrême auftretenden Vertreter der entlegenen untercretaceïschen Fauna von Santa Fé da Bogota in Columbien auf das Ausschwärmen einzelner dazu geeigneter Gruppen zurück. Allerdings muss dann angenommen werden, dass die klimatischen Unterschiede zwischen dem russisch-nordsibirischen Meere und der Westküste Amerikas, resp. Mexikos keine einschneidenden waren oder dass doch, vielleicht im Gefolge von Strömungen der Meere, die Wärme des Wassers nicht differirte. Ist schon die Reconstruction der alten Festländer und Meere für jetzt nur auf schwankender Grundlage möglich, so muss von einer Aufdeckung früherer Meeresströmungen, soweit sie nicht durch die Rotation und die Tidenbewegung gegeben sind, abgestanden werden. Sie hängen so innig mit der früheren Vertheilung der Klimate und den Umrissen der Länder zusammen, dass sie erst nach diesen ermittelt werden können. Da die Permanenz des stillen Oceans seit uralten Zeiten eine Thatsache ist, welche die Geologie nicht umgehen kann, so bedeutet das Auftreten der Aucellenfauna in Amerika auch nicht nothwendig eine Invasion des russisch-borealen Neocommeeres, sondern nur ein Uebergreifen dieses grossen Beckens über die östliche Umrandung; die Weiterwanderung der Aucellen und Virgaten längs der Uferlinien des amerikanischen Continents bereitet der Vorstellung keine grosse Schwierigkeit, da damals Tropen und boreale Gegenden in keinem nennenswerthen Gegensatze standen. Die Fauna der Grönländer Kreideschichten weist auch hier Pflanzentypen nach, deren Verwandte heute in den Tropen leben.

Es wäre ausserdem gewagt, aus dem Vorkommen der Gattung Aucella allein, ohne dass eine durch einen Specialforscher gesicherte Art-Bestimmung vorliegt, weittragende Schlüsse über die Ausdehnung und den Character der Meere ziehen zu wollen. Ich füge den von Lahusen entworfenen Stammbaum der Gattung hier ein, der zugleich als Beispiel eines palaeontologisch nachgewiesenen Zusammenhanges zwischen Arten und Varietäten verschiedener Schichten von nicht gewöhnlichem Interesse ist (s. n. Seite).

Das Schema erklärt sich selbst; wir sehen, wie einzelne Typen die Stufen durchragen und sog. Mutationsreihen bilden, während andere einen grossen Formenreichthum innerhalb derselben Stufe, also echte Varietätenreihen, entwickeln. Der Ausgangspunkt für alle ist Aucella radiata, die im Oxford liegt, den Schluss bildet ein Aufblühen der A. Keyserlingi in Schichten, die ohne Zweifel schon einen ziemlich hohen Platz in der untern Kreide einnehmen. Ihr nahe verwandt sind auch die Aucellen der Shasta-Schichten

in Californien, während auf Spitzbergen die ältesten Aucellen, A. radiata und Bronni vorkamen, in einem Horizonte, der sich den Alternans-Schichten von Gorodischte a. d. Wolga (Simbirsk), der Petschora und Nowaja-Semlja anreiht. A. Bronni geht aber auch und nicht weniger zahlreich in die

			Untere Wolgastufe		Obere Wolgastufe			
	Zone der Aucella Bronni		Zone der A. Pallasii	Zone der Aucella mosquensis			Zone der Aucella volgensis	Zone der A. Keyserlingi
Corduten-Schichten	Alternans-Schichten ? Ob. Oxford	Hoplitenschichten Kimmeridge	Untere Virgatenschichten mit Perisphinctes virgatus v. Buch	Obere Virgatenschichten mit Perisphinctes Nikitini Mich.	Schichten mit Oxynoticeras fulgens Tr.	Schichten mit Olc. subditus Tr.	Schichten mit Olcost. nodiger Eichw., Kaschpuricus Tr.	Schichten mit Olcostephanus diptychus, polyptychus Keys. u. verschiedenen Ammoniten der Bidichotomus-Gruppe



Tenuilobatus-Zone des polnischen Jura (Piotrkow), resp. die Hoplitenschichten des Simbirsker Bezirkes und greift demnach in den echten Kimmeridge Mitteleuropas über. Die für die eigentlichen Aucellen- und Virgatenschichten, also die boreale Provinz Neumayrs characteristischen Arten sind hervorgegangen aus einer Varietät dieser A. Bronni des Kimmeridge.

Lahusen schliesst in seiner Abhandlung A. Zitteli Neum. (Acanthicus-Schichten), A. plicata Zitt. aus Neuseeland und Avicula (Aucella?) teutoburgensis Weerth (norddeutsches Neocom) ganz von den Aucellen aus und errichtet für Avicula (?) gryphaeoides Stol., Auc. nana Stol. (Süd-Indien) und

A. caucasica v. Buch (Daghestan) eine besondere Untergattung. Diese dürfen demnach bei allen Erörterungen über die Frage der jurassischen und cretaceischen Meeresprovinzen nicht mit verwerthet werden. Ich stelle nun die



Fig. 102. Aucella Pallasii Keyserling.
Aus den unteren Wolgaschichten Russlands. (Nach Lahusen.)

Beziehungen der nichtrussischen Aucellen zu den (continental) russischen zusammen.

Ostgrönland. Aucella Keyserlingi Tr. Lah.

„ (Kuhn-Insel.) Aucella concentrica Fisch. var. bei White, wahrscheinlich gleich A. inflata Lah.

Spitzbergen. Aucella radiata Tr. Aucella Pallasii Keyserl.

Aleuten. Aucella Pallasii Keyserl.

Alaska. Aucella concentrica Fisch. var. bei White. Wahrscheinlich gleich A. terebratuloides Tr.

Aucella concentrica Fisch. var. bei White, wahrscheinlich gleich A. inflata Lah.

Aucella concentrica Fisch. var. bei White, wahrscheinlich gleich A. crassicollis var. solida.

Queen-Charlotte-Island. Aucella mosquensis v. Buch. var. bei White. Sehr ähnlich der A. volgensis Lahusen.

Californien. Aucella Erringtoni Gabb. Sehr nahe verwandt der A. Bronni. Eine andere Form nähert sich den var. polita und tenuistriata der A. Pallasii Keyserl.

Polen (Pjotrkow). Aucella Bronni Rouill.

Mediterranes Tithon (älteres.) Aucella emigrata Zittel. Aehnlich der A. Bronni.

Niti, Indien. Monotis concentrica Blanf. Aehnlich der A. volgensis Lah.

Wir sehen, wie die Aucellen in Grönland durch Arten der obersten Wolgastufe und des noch höheren untersten Gaults, in Spitzbergen durch Arten des Oxfords und der Virgatenschichten, auf den Aleuten durch die

Leitform der Virgatenschichten, in Alaska durch Formen der oberen Wolgastufe und des Gaults, auf Charlotte-Island durch eine Art der obersten Wolgastufe, in Californien durch Arten des Oxfords, des Kimmeridge und der untersten Wolgastufe vertreten sind. In einigen Fällen ist die Niveaubestimmung auch durch andere Versteinerungen gestützt, so auf Spitzbergen und in Ostgrönland. Wir erhalten aber keine Sicherheit, ob ausser diesen beschränkten Zonen nicht noch mehr entwickelt sind, und sind ausser Stande, nach dieser räumlichen Vertheilung der Aucellen Verschiebungen der Strandlinien, noch weniger den Umfang solcher Erscheinungen und ihr geologisches Alter festzustellen.

Ferner ergiebt sich, dass in Polen eine der ältesten Aucellenarten vorkommt und dass eine äusserst ähnliche Art sich auch in das Tithon Mitteleuropas verirrt hat. Boreale Bezirke und Mittelmeer haben also schon in relativ früher Zeit Arten ausgetauscht.

Die Aucellen von Niti lassen annehmen, dass das Meer der oberen Wolgastufe durch Asien mit der indischen Provinz in Verbindung stand, eine bekanntlich von Neumayr verfochtene Hypothese, welche Nikitin insofern modificirte, als er die Einwanderung von Südrussland aus durch Kleinasien und Turkestan für wahrscheinlicher hält. Nur würde es sich hier um die untere Kreide und nicht mehr um das Jura-Meer handeln.

Wir können demnach die Einwirkungen des borealen Meeres zur Neocomzeit weithin verfolgen; mögen sie sich in vielen Fällen nur in Wanderungen einiger hervorragender Thierformen kundgeben, welche beweisen, dass eine Verbindung zwischen den Meerestheilen stattfand, so liegen in manchen anderen doch die Sachen so, dass eine directe Ausdehnung des borealen Meeres angenommen werden kann. Hierher dürften die Funde von Alaska und den Aleuten gehören, Gegenden, die wie Norddeutschland und Sibirien später vom Kreidemeer verlassen zu sein scheinen, während schon auf Queen Charlotte und Vancouver Island auch jüngere Kreideschichten abgesetzt sind, welche auf dem westamerikanischen Continent eine weitere Verbreitung haben.

Jedenfalls ist aber untere Kreide und zwar von neocomem Gepräge nicht allein in Californien, sondern auch viel weiter nach Osten verbreitet, über die Coast Range weit hinaus und vielleicht in Zusammenhang mit der Bucht, welche von Norden in das Thal des Mackenzie hineingreift. Hier überall fanden sich auch Aucellen und Belemniten der Subquadratusgruppe als nordische Immigranten, während in der Cenomanzeit die indischen Gäste an den Gestaden Californiens erscheinen.

Ganz anderen Verhältnissen begegnen wir im Süden der Vereinigten Staaten.

Nachdem lange Zeit nur obere Kreide im ganzen Bereiche der Vereinigten Staaten bekannt war, mehren sich jetzt die Anzeichen, dass sich hier zur Zeit der unteren Kreide ähnliche Vorgänge abspielten, wie in Europa. Die Atlantosaurus-Beds stehen sicher auf der Scheide zwischen Jura und Kreide, die Potamac-Schichten müssen sogar nach ihrer Flora für untercretaceisch angesprochen werden. Da ihnen aber marine Schichten zwischengelagert sind, so muss auch das Neocommeer zuweilen diese Gegenden erreicht haben. Auch Aucellen sind in Potosi in Mexiko gefunden; sie beweisen zwar das nähere Alter einer Schicht nur, wenn die Art absolut genau festgelegt ist, aber da Felix und Lenk eine typische Neocomfauna aus Puebla beschrieben haben, neigt sich die Wagschale dahin, auch für jene Fundpunkte Neocom vorauszusetzen. Nachdem Hill in Arkansas, das als Halbinsel weit in das Kreidemeer hinausragte und südliche und westliche Entwickelung von einander schied, Wealden und Neocom gefunden haben will, muss man mit erhöhtem Interesse einer gründlichen Bearbeitung des Gebietes, welche sich vor allem auf Kenntniss der Verhältnisse in Europa, speciell im Nordwesten des Erdtheils, zu stützen hätte, entgegensehen.

Die Basis der Kreide von Arkansas bildet die „Trinity Formation". Ist es richtig, dass hier Potamides strombiformis v. Schl. gefunden wurde, so wäre die Identität mit unserem Wealden gesichert und zudem eine zoogeographische Thatsache ersten Ranges festgestellt, welche für die von Suess befürwortete Verbindung zwischen Europa und Amerika sehr ins Gewicht fallen muss. Die palaeontologische Durcharbeitung des gesammelten Materiales bedarf aber der Revision. Ueber der Trinity-Abtheilung liegt die Comanche series, die von der typischen oberen Kreide durch eine Discordanz getrennt und angeblich neocom ist.

Auf die Verschiebungen der Meeresgrenze in Südamerika werden wir etwas später zu reden kommen. Jedenfalls sind auch hier Theile des Landes, besonders von Patagonien, vom Oceane erobert. Dasselbe trug sich im Westen und im Osten Australiens zu.

Die Neocomzeit brachte nur das erste Ausgreifen des Meeres, die des Aptien und Gaults ein weiteres. Gault ist im südöstlichen England ein Provinzialname für dunkelblaue, zuweilen mit Grünsand vermischte Mergel, man hat ihn aber auf sehr verschiedenartige Gesteine übertragen. Fast in der ganzen Welt führen Aptien und Gault dieselbe Fauna oder doch wenigstens eine Anzahl ähnlicher oder gleicher Arten. Ammonites Deshayesi ist in Indien und an der Petschora gefunden. Dadurch treten sie in einen bestimmten Gegensatz

zu den tieferen Schichten des Neocoms, die nach Provinzen und Facies eine wechselnde Fauna führen. Allmählich geht der Character der Thiere in den der oberen Kreide über und es ist nur dort leicht, das Cenoman scharf vom unterlagernden Gault zu trennen, wo es das abermalige Vordringen des Meeres über Festländer bezeichnet, wie in Sachsen. Auch die Ausdehnung der Stufe nach unten hin ist verschieden beurtheilt; der Uebergang in die Neocomschichten ist ein ganz unmerklicher, bei gleichartig thoniger Ausbildung weder stratigraphisch noch faunistisch durchzuführen. In Norddeutschland zog v. Strombeck die Grenze des Gaults im weitesten Sinne über dem Hilsthon, welcher mit dem älteren Hilsconglomerat untrennbar verbunden ist, und theilte die Schichten bis zum Cenoman in folgende Stufen:

Unten:	Schichten mit grossen Ancyloceras und Crioceras	B. brunsvleensis
	Sog. Speetonclay mit Ammonites venustus, Turbo pulcherrimus	
	Gargas-Mergel mit Ammonites nisus, B. Ewaldi.	
	Thone mit Ammonites tardefurcatus, Milletianus	
	Thone mit Belemnites minimus	
	Flammenmergel mit Avicula (?) gryphaeoides.	

Ueber dem Flammenmergel, einem an Versteinerungen armen und ungemein eintönigen Gestein, welches sich schon von weitem durch die karge Vegetation als unfruchtbarer Boden erkennen lässt und das dem oberen Gault oder den Schichten mit Ammonites (Schloenbachia) inflatus Sow. der Engländer entspricht, liegen grünsandige, oft bohnerzreiche Schichten mit gänzlich abweichender Fauna, die eine erneute, vordringende Bewegung im Meere und in der Thierwelt bezeichnen. Mit diesem Grünsand von Westfalen beginnt das Cenoman für diese Gegenden, und wenn die Schichten mit Schloenbachia inflata anderwärts schon zum Cenoman gehören, so trifft das für uns nicht zu. Nur das muss man festhalten, dass im nördlichen Deutschland zur Zeit des Absatzes der jüngeren Schichten des oberen Gaults, des Flammenmergels, die wichtigen Arten Belemnites minimus und Ammonites (Hoplites) interruptus bereits ausgestorben waren, und dass die nicht minder wichtigen Arten der Gattung Schloenbachia, Schl. inflata und varicosa, zur Zeit, als die Minimusthone sich bildeten, noch nicht in unseren Gegenden existirten.

In Nordafrika hat das Meer seit der letzten Transgression des Kelloway im Wesentlichen seinen Besitzstand bewahrt, obwohl die Schichten jetzt durch Erosion zum grossen Theil vernichtet sind. Während der Neocomzeit schob es sich weiter gegen das Innere vor und bildete die Ablagerungen, welche am Aufbau der lang gestreckten Ketten des Atlas so bedeutenden Antheil

haben. Vom Berrias-Niveau bis zum eigentlichen Gault lassen sich alle jene kleinen Stufen nachweisen, die aus den Untersuchungen in Südfrankreich bekannt sind, ebenso wechselreich wie dort nach Gestein und Fauna. Obwohl demnach der Habitus der Thierwelt ein ausgesprochen mediterraner ist, so fehlen doch auch die Beziehungen zu den nördlicheren Regionen des Neocoms nicht.

Durch Fischeur wissen wir, dass bei Aïn-Bessem im Centrum des 600—700 m hohen Plateau von Arib der typische Gault zu einer Schichtenfolge von 600 m Mächtigkeit angehäuft ist, über welcher sich dann die Kalke und Mergel der oberen Kreide, durch eine deutliche Discordanz getrennt, einstellen.

Es kann auch das Kreidevorkommen auf den Elobi-Inseln an der Westküste des äquatorialen Afrikas, obwohl meist und auch von dem Beschreiber Szajnocha auf Cenoman gedeutet, mit guten Gründen zum Gault gerechnet werden, da die wichtige Ammonitenart, Schloenbachia inflata, in Europa ihre Hauptverbreitung im oberen Gault erreicht, die westafrikanische Schl. inflatiformis bisher in Europa aber nur im Gault gefunden ist, durch Kilian in der Montagne de Lure.

In der neueren Zeit sind durch Malheiro und Choffat die Kreideablagerungen von Angola an der Westküste Afrikas bekannt geworden, wo sie sich in zwei Localitäten, Catumbella nördlich von Benguella und Gross-Dombe südlich von hier fanden. Wichtig ist besonders, dass unter den Schichten mit Schloenbachia inflata, die ja auch auf den Elobi-Inseln anstehen, tiefere Niveaus mit Acanthoceras mammillare vorkommen, also typischer Gault. Die höher hinauf folgenden Kalke mit Nerineen, Cerithien, Pachyrisma und abgerollten Korallen erinnern an Gosauschichten. Noch höher folgt afrikanische Kreide mit Roudairia, Ostrea Baylei und olisiponensis, die letztere bei Lissabon als Leitfossil des Carentonien bekannt.

Choffat selbst hat später darauf aufmerksam gemacht, dass eine offenbare Correspondenz mit den von White und Branner beschriebenen Kreidefaunen Brasiliens, die gerade gegenüber liegen, besteht. Die zahlreichen Vertreter der Gruppe der Schloenbachia inflata, die Uebereinstimmung zwischen A. planulatus und Hopkinsi drüben, Puzosia aff. difficilis und Welovitschi in Angola, von A. offareinatus Wh. und gewissen Formen des Acanth. mammillare sind Punkte von Wichtigkeit.

Californien gehörte während der ganzen Kreidezeit den pacifischen Gewässern an, welche durch eine langgestreckte Masse alter Gesteine von dem Innern Nordamerikas abgehalten wurden, aber auch mehrmals wieder von

den californischen Küsten zurücksanken. Die ältesten Schichten mit Aucellen, welche noch den jurassischen Habitus der A. Bronni haben, Belemnites impressus und mehreren echt neocomen Arten haben wir oben erwähnt; durch eine Discordanz, die eine vorübergehende Festlandsperiode anzeigt, sind die nächstfolgenden Gaultschichten getrennt, aber beide fasst man, als der unteren Kreide angehörend, unter dem Namen Shastagruppe zusammen.

Schon zu dieser Zeit soll nach White ein schmaler Landrücken das pacifische und atlantische Becken getrennt haben; das ist nicht annehmbar, da untere marine Kreide im Staate Puebla reichlich entwickelt ist und das Vorkommen identischer Arten an der südamerikanischen Küste und in Mitteleuropa nur durch eine Wanderung zwischen den beiden Hälften Amerikas hindurch zu erklären ist. Auch die erst seit wenigen Jahren nachgewiesenen Schichten mit Plagioptychus (Coralliochama) deuten eine Wanderung der mediterranen, küstenbewohnenden Rudisten nach Norden an der Westküste Nordamerikas an, während sich Sphaerulites Blumenbachi bis nach Copiapo südwärts gezogen hat.

Die Verhältnisse der südlichen Halbkugel sind verwickeltere gewesen, als man bisher annahm und selbst die in ihren Anschauungen einander so nahe stehenden Forscher Neumayr und Suess kommen hier zu verschiedenen Deutungen. Suess glaubt ein ähnliches Anschwellen des Meeres und Andrängen gegen das Mittelmeergebiet zu erkennen, wie es die Wolgastufe in Russland bietet; er legt demgemäss das Hauptgewicht auf das Vorkommen von Arten der südafrikanischen Uitenhage-Series an beiden Küsten Indiens, in Katch und in Sripermatur, und sieht in dieser Fauna die typisch südliche.

Die Verwandtschaft, welche die Ammoniten der Uitenhage-Series zu denen Norddeutschlands und der angrenzenden Gegenden zeigen, erscheint in einem noch auffallenderen Lichte durch die jüngsten, von dem verstorbenen Neumayr in einer seiner letzten Arbeiten beschriebenen Funde auf Madagascar. Schiefrige Gesteine lieferten hier einige Arten von Belemniten, die der fast ausschliesslich mediterranen Gruppe der Notocoeli, mit antisiphonal gelegener Randfurche, angehören, ausserdem den in ganz Europa mit Ausnahme Russlands verbreiteten Belemnites pistilliformis; aus der Uitenhage-Series ist nur ein Belemnites africanus bekannt, und dieser ist wiederum aufs engste mit der Gruppe der Absoluti verwandt, die wesentlich russisch ist.

Dieses Heruntergreifen der nördlichen Typen bildet eine interessante Parallele zu dem Vorkommen von Virgaten und Aucellen in St. Luis Potosi.

In den Anden ist untere Kreide, besonders Gault, ausserordentlich verbreitet. Neocom traf Steinmann zwischen der Magelhaens-Strasse und

Sta. Cruz, bei Port Famine, dann bei Copiapo zwischen 30° und 26° südl. Br. an fünf verschiedenen Orten, Bodenbender in der argentinischen Cordillere unter 36° südl. Br. Hier ist es Exogyra Couloni, welche das Niveau bestimmt, während die von Steinmann gegebenen Daten ein etwas höheres Niveau, nämlich die Ancyloceras-Schichten, die v. Strombeck schon zum Gault rechnete, andeuten. Es ist gewiss erwähnenswerth, dass auch die von Steinmann genannten Arten, Crioceras Emerici, Acanthoceras angulicostatum, Crioceras cf. simplex, characteristische Formen der mitteleuropäischen Entwickelung sind. Nach Bayle und Coquand kommen auch bei Arqueros in Chile Exogyra Couloni und Crioceras Duvali vor — wiederum mitteleuropäische Typen. Crioceras Duvali oder doch eine sehr nahestehende Art ist selbst in Queensland, wo Schichten dieses Alters weite Flächen bedecken, noch die leitende Art! (Fig. 103.)

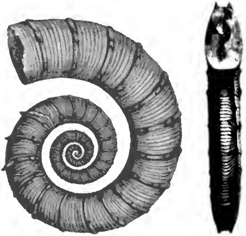


Fig. 103. Criaceras Duvalii Leveillé.
Characteristische u. kosmopolitisch verbreitete Art des Neocoms.
(Nach D'Orbigny.)

Echter Gault ist für Südamerika ein noch wichtigeres Gebirgsglied als das Neocom; das Meer ist zu dieser Zeit offenbar landeinwärts gedrungen, jedenfalls über die Region hinaus, in welcher jetzt das Felsengerüst der Cordillere sich erhebt. Schon in Patagonien macht sich die Transgression bemerklich; Gault mit Inoceramus cf. concentricus, einer auch in Europa bekannten Muschel, tritt in der Mitte der Halbinsel Braunschweig zu Tage. Saco bei Yauli, der Volcan di Antuco in 37° 16′, die Cordillere von Chillan, 36° 18′, Caracoles in Bolivia, das Hochland von Cajamaca und Canibamba, Huallanca, 10° südl. Breite, Pariatambo 11—12° südl. Breite, die Cerro della Ventanilla 12° südl. Br. — hier überall hat man Gault in beträchtlicher Ausdehnung feststellen können. Die Hebung der Andenkette hat diese Schichten um gewaltige Beträge vom jetzigen Meeresniveau entfernt; die von Gabb beschriebenen Fossilien der Cerro della Ventanilla stammen aus 5000 m Meereshöhe. Steinmann's Verdienst ist es, das Alter richtig erkannt zu haben,

während Gabb in Folge irriger Bestimmung der leitenden Ammoniten glaubte auf Lias schliessen zu müssen. Bei Pariatambo kann der Saum der alten Festlandsküste nicht weit entfernt gelegen haben; es schalten sich Kohlenflötze ein und in den begleitenden Schiefern kommen ähnlich wie im norddeutschen Wealden, Cyrenen in grosser Masse vor. In den rein marinen Schichten liegt aber derselbe Gaultammonit, Schloenbachia acutocorinata, der auch in Yauli einerseits, in Texas andererseits weit verbreitet ist. Eine viel genannte Art ist Trigonia transitoria, in Chile und Bolivia nicht selten gefunden; die einzig verwandte Form ist den Uitenhage-Schichten Südafrikas eigen. Noch merkwürdiger sind die Beziehungen des Lytoceras Timotheanum, das zugleich in Indien und in Europa vorkommt.

Ueber die dem atlantischen Ocean zugewendeten Provinzen Brasiliens sind in der neueren Zeit einige Arbeiten erschienen, die bemerkenswerthe Thatsachen festgestellt haben. Zwischen den Mündungen des Amazonenstroms und des Rio Real in 12° südl. Br. liegen eine Anzahl weit nach dem Meer geöffneter Becken, die offenbar zur unteren Kreidezeit Meer waren. Anfänglich hat man wohl nach dem jurassischen Habitus mehrerer Arten das Alter zu hoch geschätzt, auch scheinen die Horizonte noch nicht überall richtig erkannt zu sein. Die vielen siphonostomen Gastropoden (Conus, Pleurotoma, Murex etc.) sind ein obercretaceischer, ja eocäner Character, aber die Ammoniten weisen auf tiefere Schichten hin. Ammonites Hopkinsi, der von Indien nach Californien gewandert ist, erscheint neben einer Art, die mit A. acutocarinatus Steinm., dem wichtigen Leitfossil des südamerikanischen und texanischen Gaults, fast übereinstimmt; Choffat hob die Beziehungen zu der afrikanischen Gaultfauna hervor. Wie dort mischen sich auch hier einzelne Gosauarten bei.

Weiter nach Süden treten in der Provinz Bahia Süsswasserablagerungen in grosser Ausdehnung auf, die unserem Wealden gleichzustehen scheinen; aber die eingeschlossenen Muscheln und Schnecken haben keinen europäischen Habitus, sondern tragen das Gepräge der westlichen Hemisphäre. Trotzdem ist die Correspondenz ihrer Lage mit dem Ausstreichen der Wealdenschichten an der portugiesischen und französischen Küste bemerkenswerth. Existirte ein Zusammenhang der brasilianischen mit der aethiopischen Masse noch um diese Zeit, so muss er doch zur oberen Neocomzeit schon zerstört gewesen sein, da die Fauna der Uitenhage-Schichten so deutlich die Spuren einer borealen Einwanderung zeigt, die wahrscheinlicher von Westen anzunehmen ist, als längs der hypothetischen madagassisch-indischen Halbinsel.

Auch das Hinaufgreifen des Gaults bis zu den Elobi-Inseln, während

er vom Norden bis Cap Verde drängt, macht eine offene, wenn auch schmale oder durch Inseln coupirte Meeresstrasse zwischen den Continenten wahrscheinlich.

Ueber die Kreide von Australien sind nur wenig Angaben vorhanden, die sich verwerthen lassen und wir sind weit entfernt, einen Ueberblick über die Verbreitung dieser Formation in den noch wenig erforschten Gegenden zu haben. Australien ist nicht so unberührt vom Meere geblieben wie Afrika und wenn dort wenigstens eine grosse Wahrscheinlichkeit vorliegt, dass das Meer sich abgesehen von Nordafrika auf randliche Uebergriffe beschränkte, so ist hier die Kenntniss des Innern unbedingt nothwendig, um das Bild der Verbreitung des Kreidemeeres überhaupt anlegen zu können. Kreideversteinerungen sind aus dem Westen des Continentes, aus der Mitte und aus Queensland bekannt, aber meist ohne nähere Angabe des Fundorts und der Schicht, häufig geradezu aus Geschieben oder Geröllen. In Queensland allein sind die ersten Schritte zu einer gründlichen Durchforschung gethan. Hier ist vorwiegend untere Kreide mit Ancyloceren und Crioceren, darunter eine dem Crioc. Duvali des mitteleuropäischen Neocoms sehr nahe stehende Form, verbreitet. Darüber liegende Schichten haben Inoceramen geliefert, die ebenfalls den mitteleuropäischen überaus ähnlich sehen und auf obere Kreide schliessen lassen. Die bekannten Seeigel der oberen Kreide, Galerites albogalerus und Ananchytes ovata fanden sich als Gerölle bei Melbourne. Demnach dürfte die ganze Schichtenfolge der Kreide hier vertreten sein, deren genaueres Studium um so erwünschter wäre, als in Süd-Indien, wo gleichfalls die mitteleuropäischen Inoceramen auftauchen, die untere Kreide zu fehlen scheint.

Suess verlegt die Grenze des Kreidegebietes nach Westen bis mindestens zu einer Linie, die vom Golf von Carpentaria bis Lake Eyre herunterzieht; vielleicht reichen die Schichten noch weiter ins Innere. Von Neuseeland sind Kreideschichten lange bekannt. In ihnen finden sich Reste der Gattung Plesiosaurus und zwar eine Art, die dem Pl. planus des europäischen Gaults nahe verwandt ist. Fundort ist das Hinterland der Canterbury Bight. Es ist schwer zu sagen, ob sich das Meer damals über die ganze Insel ausgedehnt hat, seine Sedimente durch Erosion entfernt sind, oder ob ein Theil Neuseelands als Insel aus dem Meere ragte, das weiter nach Westen hin den australischen Continent fast um die Hälfte einengte. Da aber anscheinend erst Erosion die Cordilleren Ost-Australiens entblösst hat, so lässt sich diese Anschauung auch auf die genetisch verwandten Gebirge des nordwestlichen Randes von Neuseeland übertragen.

Die Beobachtungen über das Vorhandensein unterer Kreide sind für viele aussereuropäische Gegenden noch zu ungenügend, um ein richtiges Bild von dem Zustande der Erdoberfläche in dieser wichtigen Zeit geben zu können. Die Ansicht, dass die Meere nicht weit in das Innere der Continente eingriffen, ist aber so streng nicht aufrecht zu erhalten. Dem ersten Ausgreifen des Meeres zur Neocomzeit folgte die noch bedeutendere Ausdehnung des Gaults, der auch das nördliche Afrika und viele indisch-pacifische Gegenden zum Opfer fielen. Die alte Landbrücke zwischen Südamerika und Afrika wurde eingeengt, durchbrochen und eine Verbindung vom antarctischen Oceane zum Mittelmeere und darüber hinaus zum arctischen hergestellt. So konnten boreale Typen zur Südspitze Afrikas gelangen, indische und californische Arten in den brasilischen und westafrikanischen Gewässern erscheinen und auch die Pulchellien, die von der Küste Chiles nach dem mitteleuropäischen Inselmeer gezogen sind, sich wieder an diese atlantischen Küsten hinunter ziehen.

Die Thierwelt der unteren Kreide schliesst sich der Jurazeit nahe an, und anscheinende Lücken füllen sich durch sorgsame Sichtung der zerstreuten Materialien, die besonders für die Wirbelthiere wenig Anhaltspunkte für eine rasche Beurtheilung geben. Im Allgemeinen ist man geneigt, schon in diese Zeit den Niedergang der marinen Reptilien zu verlegen, aber hier treffen mehrere Momente zusammen, das Urtheil zu beirren.

Die erdrückende Fülle der landbewohnenden Reptilien, die in Wealden- und Atlantosaurus-Schichten ihre Reste hinterlassen haben, darf nicht zum Massstab für ein ganz anderes Entwickelungsgebiet, das Meer, genommen werden. Ausserdem ist zu beachten, dass die untere Kreide keine Ablagerungen bietet, welche den Liasschiefern von Boll zu vergleichen wären, wo eine rasche Bildung der Sedimente die Magazinirung der Thierleichen wie in einem riesigen Speicher ermöglichte. Die transgredirenden Wellen des Neocommeeres waren mehr geeignet, zu zerstören, als zu erhalten, und manches Stück ist von den Breccien und Bohnerzen der Hilsformation zerrieben. Die Thone liefern aber verhältnissmässig ebensoviel Reste, wie die meisten deutschen Localitäten des oberen Lias, wo die Ichthyosaurier sich nicht gerade in Heerden aufhielten, und sicher mehr, als der mittlere Lias, der die reichen Lager von Lyme regis und Boll zeitlich trennt.

Im Aussterben sind aller Erfahrung nach die rein marinen Crocodiliden, die Teleosaurier. Der Enaliosuchus des deutschen Hils ist fast der einzige Vertreter dieser früher so mächtigen Gruppe. Dagegen sind von Ichthyosaurus eine ganze Reihe von Arten, unter ihnen drei, J. Strombecki, polyptychodon

und hildesiensis, aus den nordwestdeutschen Neocomgebieten bekannt, und es scheint, dass damit die Anzahl noch nicht erschöpft ist. J. campylodon ist der Herrscher des Gaultmeeres, der wahrhaft gigantische Dimensionen erreichte und noch bis in die obere Kreide fortlebte. Plesiosaurier sind aus dem deutschen Neocom drei (unbenannte) Arten, aus Wealdenschichten ebenfalls drei von mir beschrieben, die wohl sicher auch dem Meere ihre Besuche abstatteten. Immerhin bleibt das Eindringen in die Flussmündungen eine beachtenswerthe Thatsache; es scheint, dass ihnen im Meere das Feld sehr streitig gemacht wurde. Die verwandte, aber mit gewaltigen Zähnen bewehrte Gattung Polyptychoden ist echt marin und überschreitet nur wenig die obere Grenze des Gaults. Echte Meeresschildkröten sind so gut wie unbekannt, dagegen finden sich zerstreute Reste riesiger Flugsaurier.

Wichtig ist das zahlreiche Auftreten der Stachelflosser unter den Fischen; damit ist deren Entwickelung insofern abgeschlossen, als neue Typen kaum mehr hervorgebracht werden. Nur die universale Ausbreitung der Physostomen entfällt wesentlich in spätere Zeiten; wir kennen von ihnen nur spärliche und zwar marine Reste, während in den süssen Gewässern des Wealden noch keine Spur von ihnen gefunden ist (Fig. 104 u. 105).

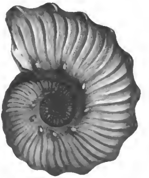


Fig. 104. A. (Hoplites) auritus Sowerby. Aus dem Gault. (Nach D'Orbigny.)



Fig. 105. Turrilites Bergeri Brongniart. Aus dem Gault der Schweiz. (Nach D'Orbigny.)

In den Thonen des Gaults und auch im Flammenmergel, wo er Versteinerungen führt, sind Ammoniten aus der Gruppe der Hopliten weitverbreitete Typen. Zuweilen, besonders bei Folkstone, auch im Braunschweigischen hat sich die perlmutterige Schale dieser zierlichen Gehäuse erhalten, und sie erfreuen auch andere Augen, als die des Sammlers, durch das anmuthige Farbenspiel. Die Crioceras und Ancyloceras sind uns schon vom Neocom

her bekannte Formen; die geschlossene Spirale der Ammoniten lockert sich, der letzte Umgang streckt und vergrössert sich beträchtlich und biegt sich schliesslich in scharfer Curve wieder einwärts. Das leitet zu den Hamiten hinüber, deren Anfangswindungen nur selten gefunden werden, während die hakenförmig gebogenen Bruchstücke der Wohnkammer häufig sind. Turrilites, in der alpinen Provinz in Schaaren, erscheint im Norden Deutschlands erst mit dem echten Cenoman, die Umgänge wachsen wie bei Schnecken, aber die letzte Windung krümmt sich ganz bizarr und gegen das bis dahin festgehaltene Wachsthumsgesetz. Scaphites hätten wir vor Crioceras erwähnen müssen; ein normaler Ammonit baut sich eine kahnförmige Wohnkammer, die scharf geknickt ist. Auch Scaphites ist für norddeutsche Gegenden eine Cenomanform, in England aber schon im obern Gault.

Diese Gesellschaft wunderlich gekrümmter Cephalopoden, die vom Gault bis zum Senon eine stets reichere Gestaltung gewinnt und dann fast plötzlich erlischt, bietet eine vollkommene Parallele zu den Krümmungsformen der Nautiliden, die wir in palaeozoischen Schichten kennen lernten; in geringerem Umfange ergriff eine ähnliche Bewegung die Ammoniten der alpinen Trias. Nicht einheitliche Gruppen haben wir vor uns, wie ältere Palaeontologen annahmen, sondern mehrere genetisch von einander unabhängige Familien lieferten diese durch äussere Aehnlichkeit, zum Theil auch nur durch die Regellosigkeit des Wachsthums gegenüber der ausserordentlichen Regelmässigkeit der Ammoniten zusammenstehenden Formen. Diese Erscheinung trifft man auch bei Gastropoden und man kann sie als Parallelismus der Hauptformen der Conchospirale bezeichnen. In mehreren Familien beobachtet man, dass je nach den von der Umgebung ausgehenden Einwirkungen früher oder später, in der einen oder anderen Reihenfolge ein analoger Kreis von Gestalten durchlaufen wird; das sind aberrante Typen, in welchen die durch Erblichkeit eingewurzelte Tendenz zur Bildung der normalen Spirale erweicht oder überwunden ist.

Den leicht beweglichen Cephalopoden, Ammoniten und Belemniten gegenüber, die nirgends fehlen, repräsentiren einige Zweischaler ein mehr schwerfälliges Element; an Ort und Stelle und an bestimmte Tiefen des Wassers gebunden und schon durch geringe klimatische Unterschiede an der Ausbreitung verhindert, gleichen sie auch in der Anhäufung ihrer Schalen zu förmlichen Riffen den Korallen. Es sind das die Caprotinen, den jurassischen Diceraten und den jüngeren Hippuriten und Rudisten nächst verwandte Muscheln, deren Wirbel sich wie Hörner krümmen. Ihre Colonien, in denen sich unzählige Schalen angehäuft finden, sind auf die alpine oder Mittelmeerpro-

vinz beschränkt. Der Schrattenkalk der Schweiz ist von ihnen erfüllt, doch bekommt man selten etwas anderes zu sehen als Durchschnitte, da das ungemein harte Gestein fest mit den Schalen verbunden ist. Die Verwitterung reisst in die Oberfläche dieser Kalkstücke tiefe Furchen, zwischen denen gewundene und sich mannigfaltig durchkreuzende Rücken sich messerscharf erheben. Die Karren- oder Schrattenfelder sind die Wüsten des Hochgebirges; kein Pflanzengrün erquickt das Auge des Wanderers, kein Thier lässt sich vernehmen, und nur unter namenlosen Mühen überwindet man die trostlose Fläche.

Keine der anderen Thiergruppen des Gaults bietet ein allgemeineres Interesse. Die Entwickelung vollzieht sich in den Bahnen weiter, die im Neocom angelegt sind. Dagegen sind einzelne Gattungen von hoher Wichtigkeit für zoogeographische Fragen.

Aucella gryphaeoides in den obersten Gaultmergeln Mitteleuropas, A. caucasica in Kleinasien, A. nana in Indien sind trotz ihrer räumlichen Zersprengung ausserordentlich nahe verwandt. In den Uitenhage-Schichten Südafrikas kommt eine Trigoniengruppe vor, die Steinmann beschrieb und als Subquadratae aussonderte, und in Indien und in den Gaultschichten von Caracoles und einigen Orten der südamerikanischen Westküste erscheinen nahestehende Arten aus derselben Gruppe. In denselben Ablagerungen, die von Chile bis Bolivia eine grosse Ausdehnung am Westabhange der Cordillere besitzen, gehören Ammoniten der Gattung Pulchellia zu den häufigsten Arten; das Barrêmien des unteren Rhônethales und Nordafrikas, die Wernsdorfer Schichten in den Karpathen, welche im gleichen Niveau der unteren Kreide liegen, schliessen dieselbe Gattung ein, welche die weite Wanderung fast unverändert gelassen hat. Diese Beispiele, die sich leicht vermehren liessen, sprechen deutlich gegen die immer wieder erneuerte Behauptung, dass noch zur Kreidezeit, ja noch im Tertiär, die gleichmässige Urfauna vorhanden war, durch deren Zerlegung sich die Mischungen der Jetztzeit und die geographische Vertheilung der Organismen erklären lassen.

Den Beispielen, dass eng umschriebene Gattungen in räumlich weit getrennten Gegenden durch nahe verwandte Arten vertreten werden, steht die kosmopolitische Verbreitung ein und derselben Art gegenüber. Jenes deutet auf Wanderzüge einelner Gruppen, die Anlass zur Ausbildung von neuen Arten gaben, dieses auf gleichmässige Ausfüllung des gesammten Verbreitungsgebietes. Ammonites Deshayesii scheint seinen Horizont überall zu characterisiren, Belemnites pistilliformis reicht von England nach Madagascar, Crioceras Duvali ist in Frankreich, Chile und anscheinend auch in Queens-

land in seinem Niveau verbreitet. Schloenbachia inflata trifft man überall, wo die obersten Gaultschichten anstehen, Exogyra Couloni überall, wo Neocom lagert.

C. Die obere Kreideformation.

In vielen Ländern ist die Beobachtung gemacht, dass die Schichten der oberen Kreide eine andere räumliche Ausdehnung haben als die untere, und dass, obwohl auch mancherorts das senone Meer transgredirte, am meisten Festland zur Cenomanzeit verloren ging. Dadurch ist eine Zweitheilung der gesammten Kreide begründet, und selbst dort, wo seit der Jurazeit oder seit dem Neocom das Meer gestanden hat, äussert sich der Vorstoss der Wassermassen in dem unvermittelten Auftreten vieler Arten, welche sich nicht von denen der unteren Kreide ableiten lassen, mit anderen Worten, die Transgression der Sedimente, welche z. B. in Sachsen das Cenoman zur Basis der dortigen Kreide überhaupt erhebt, das bisherige Festland mit Sandsteinen und Kalken überzieht, äussert sich in Meeresgebieten häufig durch eine Transgression der Faunen. Nicht überall tritt allerdings das Cenoman so unvermittelt auf wie in Sachsen und Böhmen; an vielen Stellen der Erde war auch das Gaultmeer in Bewegung und leitete die grössere cenomane Transgression ein, wie es auch die Faunen verknüpft.

Unvermittelt durch ältere Schichten tritt die obere Kreide im inneren Nordamerika, in Ostafrika und Hinterindien, in Westphalen (zum Theil), in Sachsen und Böhmen auf. Vom Golf von Mexiko drang das Meer im Neocom über Mexiko, Texas, Luisiana und Arkansas, jetzt greift es auch in die weiten Ebenen des inneren Continentes und in das Gebiet der heutigen Rocky Mountains, treibt den Strand bis an die Devonschichten des unteren Peaceflusses (34° n. Br.) im Osten, über Colorado und British Columbien im Westen, wo es sich mit den aus Norden andrängenden Gewässern begegnet, deren Spuren am Mackenzie sich bis in arctische Regionen verfolgen lassen. Im Innern sind nirgends ältere Ablagerungen als Cenoman angetroffen, ja nach Norden zu bilden nach und nach, wie es scheint, immer höhere Schichten die Basis der Kreide, ein Beweis, dass dieses Vordringen unendlich lange Zeiträume beanspruchte. Während die oberen Kreideschichten der Golfstaaten viele Beziehungen zum mitteleuropäischen Cenoman und Turon haben, bildet sich das centrale Meer zu einer ziemlich selbständigen Provinz aus, deren Vergleichung mit der in Europa gewonnenen Eintheilung durch kosmopolitische Gattungen und Arten zwar in grossen Zügen, aber nicht im Einzelnen durchzuführen ist. Der Schluss der Periode wird durch eine Einengung

dieses centralen Meeres eingeleitet, welches allmählich unter den Einfluss des umgebenden Landes geräth und durch die zuströmenden Flüsse in einen riesigen Süsswassersee verwandelt wird. Die Sedimente dieses Beckens sind uns in den Laramie-Schichten erhalten, deren höchste Theile schon in die tertiäre Zeit hineinragen. Häufige Einlagerung von Kohlen oder kohlenreichen Schichten zieht sich fast durch die ganze Reihe, während in anderen Ländern der Seichtwassercharacter des transgredirenden Cenomans sich höher hinauf verwischt, und gerade die oberste Stufe, das Senon, sich durch ihre bekannten Kreidegesteine als Niederschläge in hoher See kennzeichnet. Die riffbildenden Zweischaler, Caprotinen und Rudisten, sind nur in den Golfstaaten vorhanden; sie beschränken sich also auch hier auf Gegenden, die den mediterranen Europas entsprechen, wahrscheinlich in Folge klimatischer Einflüsse.

Ausser diesem gewaltigen Binnenmeere wurden noch zwei grosse Theile Nordamerikas vom Meere überfluthet, die pacifische Küste von British-Columbien bis Californien und die atlantische, östlich der Alleghanies, von New-Jersey bis Georgia. In diesem atlantischen Küstenstriche kennt man nur senone Schicht von europäischem Habitus. Durch Alabama wird die Verbindung mit dem centralen Meere hergestellt, welches vom Golf aus an der Westseite der uralten Alleghanies bis nach Kentucky hinein reichte.

Von Columbus im Osten streichen die Schichten in einem grossen Bogen nach WNW, über Selma und Eutaw, und biegen sich um das Südende der Appalachen, deren erodirten Carbonschichten die älteren, fast fossilfreien Schichten aufgelagert sind, während die Senonschichten mit Exogyra costata den südlichen Saum bilden. Der zwischen beiden gelagerte „Rotten Limestone" führt Mosasaurus und Hippuriten; mediterrane und atlantische Fauna scheinen sich hier gemischt zu haben. Die tiefsten Schichten haben den Namen Tuscaloosa-Formation empfangen und sind stratigraphisch nicht sicher bestimmt. Man hat sie mit den von Ost-Virginien über Maryland, Delaware, das südöstliche Pennsylvanien sich bis New-Jersey und das südliche New-York erstreckenden Potamacschichten verglichen, welche eine Wealdenflora einschliessen. Da in ihnen, wenn auch selten, marine Fossilien auftreten, so könnten hier auch die Spuren einer schon neocomen Transgression vorliegen, welche an den Abhängen der Appalachen bis 1000 Fuss mächtige Schichten abgelagert hat.

Bemerkenswerth ist, dass der beste Kenner der westfälischen Kreide, Cl. Schüter, unter den aus der Umgebung Austins stammenden Kreidefossilien Inoceramus involutus Sow., subquadratus Sow., vielleicht auch I. digi-

tatus Sow. wieder erkennt. Mit Turrilites cf. tridens und cf. varians bilden sie eine Gruppe von Versteinerungen, die auf ein ganz bestimmtes norddeutsches Niveau, den Emscher Mergel, hinweist, und die nahen Beziehungen zu diesem, im Gegensatz zu der gänzlich abweichenden pacifischen Fauna scharf hervortreten lässt.

Die Kreide von Japan, über die leider noch so wenig bekannt ist, schliesst sich am meisten den aus dem südlichen Indien bekannten Schichten an und umfasst allem Anschein nach wie diese die Stufen vom Gault bis zum Senon, obwohl echt senone Arten nur wenige gefunden sind. Gault- und Cenoman-Formen überwiegen weitaus und da neocome Typen bis jetzt fehlen [1]), so ist Grund vorhanden, den Uebergriff des Meeres, der sich auch über Sachalin ausdehnt, mit der Gaultzeit beginnen zu lassen. Bekannt sind die Beziehungen der indischen Kreide zu der Natal's, die eine isolirte Anlagerung an der Ostküste Afrikas bildet, während die Uitenhage-Schichten des Caplandes weit abweichen. Die indisch-pacifische Thierwelt dehnt sich somit durch über 80 Breitengrade aus, was nur durch einen Rückhalt an einer ähnlich verlaufenden Küste seine Erklärung findet. Weiter nördlich sind aus Alaska und den Aleuten nur Andeutungen untercretaceischer Schichten bekannt, in denen sich Anklänge an die Charactere der Wolgastufe wiederfinden. Das gilt auch von Queen-Charlotte-Island und Vancouver-Island, während in British Columbia auch jüngere Ablagerungen der Kreide und zugleich auch einzelne Arten der indischen Provinz auftreten (Ammonites Gardeni, Sacya, Gaudama). So mischen sich hier die der Umrandung des grossen pacifischen Beckens gefolgten Arten denen einer anderen, nördlicheren Provinz bei, deren Charactere bis Californien hinunter sich bestimmt geltend machen, und scharf gegen die Mittelamerikas und der Südstaaten Nordamerikas sich abheben.

Die obere Kreide ist eine Zeit rascher Veränderungen in der Thier- und Pflanzenwelt. Die Ufer der Wealdenseen waren noch bestanden mit einer jurassischen Vegetation von Kryptogamen, Cycadeen und Coniferen, in deren schwülem Dickicht eine Menge abenteuerlicher Reptilformen lauerten. Wir wissen zwar, dass zu derselben Zeit in anderen Gegenden, an der Ostseite der Appalachen schon Laubbäume und dicotyle Kräuter wuchsen, aber wir sehen auch dort erst den Beginn des Kampfes, der mit der Zersprengung der Juravegetation endigte, manche characteristische Gestalten vernichtete, andere in die Tropen, die Coniferen aber in die höheren Breiten trieb. Als die Brandung

1) Ein einzelner neocomer Ammonit ohne nähere Fundortangabe ist bekannt.

des Cenomanmeeres sich landeinwärts grub und weit in die Continente einzwängte, bildeten sich hier und dort stillere Buchten, in deren Schlamm die Reste der Ufervegetation begraben und erhalten wurden. Die berühmte Fundstelle von Niederschöna im sächsischen Erzgebirge ist ein classischer Aufschlusspunkt über die cenomane Pflanzendecke. Zwar treffen wir zahlreiche Aeste und Zapfen von Coniferen, aber auch diese (Frenelites, Cunninghamites und Sequoia) stehen nicht in enger Beziehung zu den älteren Formen der unteren Kreide. Verschwunden sind die uralten Salisburiaceen, und mit ihnen die meisten Cycadeen. Das Fehlen der Baumfarne, an deren Stelle die krautartigen Pteris und Aspidium sich einstellen, mag ein mehr zufälliges sein, da in der obern Kreide die grossen Stämme der Protopteris und Caulopteris nicht selten sind, aber ein rascher Rückgang ist auch hier nicht zu verkennen. Doch dies sind nur die geringeren, gleichsam negativen Abweichungen; was der Cenomanflora ihren Stempel aufdrückt und sie in Grönland, in Nordamerika und in Mitteleuropa gleichmässig kennzeichnet, das ist die Fülle, in welcher plötzlich die höchsten Pflanzen, die Angiospermen, auftreten. Es ist keine Frage, dass sie die eigentlichen Waldbildner waren, denen nur die Coniferen eine bedingte Concurrenz machen konnten. Eine grosse Reihe der Geschlechter, die hier zum ersten Male erscheinen, ist auch heute noch in Mitteleuropa heimisch: Buchen, Kastanien, Eichen, Platanen, Pappeln, Weiden und die ersten Spuren des Epheus. Daneben sehen wir aber auch Pflanzen, die jetzt nur weiter südlich gedeihen, wie Aralien, Perseen, Cinnamomum und Palmen. Hier kann an autochthone Umbildung nicht gedacht werden, sondern es liegt eine Ueberfluthung mit der Gegend bis dahin fremden Typen vor, welche den alten Character der Flora so rasch vernichtet haben, wie es eingeschleppte Pflanzen, Unkräuter auf den oceanischen Inseln noch heute thun.

Die jurassischen Typen, welche auf einem Boden, der ihrer längst müde war, nur darum noch existirten, weil die Zufuhr frischerer Elemente ausblieb, die aus sich selbst keines erneuten Aufschwunges fähig waren, verfielen der Ueberwucherung, starben aus oder wurden nach Gegenden gedrängt, wo ihnen die Bedingungen günstiger waren und ihnen neue Lebenskraft zuführten.

Aller Wahrscheinlichkeit nach vollzog sich die Invasion mit grosser und vernichtender Schnelligkeit, und es liegt nahe, nach dem Anstoss zu diesem Ereigniss zu fragen, welches auch für die Thierwelt des Landes von einschneidender Bedeutung war. Eine sichere Antwort ist für jetzt unmöglich. Die Thatsachen sind die, dass die geschilderte Flora in annähernd gleicher Zu-

sammensetzung im mittleren Nordamerika, in Grönland, in Norddeutschland, Böhmen und Frankreich mit dem Beginn der Cenomanstufe gefunden wird, und dass die einzige Flora, von der wir sie bis jetzt ableiten können, am atlantischen Saume Nordamerikas gedieh. Es könnte danach nicht unwahrscheinlich erscheinen, dass vom Norden Nordamerikas aus die Verbreitung sei es über Grönland oder sei es über Ostsibirien nach Europa erfolgte. Das war möglich, denn zu derselben Zeit, in welcher Mitteleuropa theils vom Meere bedeckt, theils in Inseln und Halbinseln zerschnitten war, trat in den nördlichen und arctischen Gegenden das Land in ungeheurer Erstreckung zu Tage und verband Amerika im Westen und Osten mit Eurasien, während zur Neocomzeit jedenfalls die Ostseite Grönlands vom Meer bespült war und keine Landbrücke von Alaska nach der Halbinsel Kamtschatka oder dem sibirischen Küstengebiete hinüber führte. Man könnte geradezu annehmen, dass das Auftauchen des nördlichen Festlandes die amerikanische, jung aufstrebende Flora anlockte und ihre plötzliche Expansion veranlasste, während die jurassische Flora nicht mehr in der Lage war, sich in die Gelegenheit zu finden. Die Einwanderung muss allerdings schon im Gault sich vollzogen haben, da die Reste der Flora in den Absätzen des andringenden Cenomanmeeres begraben liegen. Dass auch klimatische Differenzen bei dem Austausch und den Wanderungen der Pflanzenwelt eine Rolle spielen, ist anzunehmen, schwerer dürfte es fallen, ihre Qualität zu prüfen, da der einzige Massstab, der der heutigen Vertheilung der Thiere und Pflanzen nach wärmeren und kälteren Gegenden versagt. Die Faunen und Floren unserer Tage sind das Resultat eines vielfachen Wechsels der Oberflächengestalt der Erde und ihrer Klimate, und sind auch an sich nur ein vorübergehender Gleichgewichtszustand; man würde irren, ihnen Beständigkeit zuzuschreiben, wie man irrte, als man an die Unveränderlichkeit der Sternbilder glaubte. Die tropische Pflanzenwelt hat sich aus Elementen zusammengezogen, die einst über alle Breiten zertreut waren und ganz sicher unter sehr verschiedenen Bedingungen lebten. Man denke nur an den gleichmässigen Wechsel von Tag und Nacht in den Tropen und den durch die Sonnenstrahlen am Tage, die rasche Ausstrahlung des Nachts bedingten regelmässigen Umschlag von sehr hohen zu relativ niederen Temperaturen, im Gegensatz zu deu arctischen Tagen und Nächten Grönlands. Die Wanderung der Pflanzen vom Norden nach dem Aequator hin wurde ermöglicht durch eine grosse Anpassungsfähigkeit, die sich in der Reaction gegen die leuchtenden Strahlen der Sonne zeigt. Die gänzlich andere Vertheilung von Land und Wasser, die Bedeckung grosser Strecken der continentalen Plateaus mit

relativ seichten, sich rasch erwärmenden und verdunstenden Meeren lässt das Klima als Function noch ganz anderer Factoren erscheinen, als uns bei der bekannten Eintheilung der Wärmezonen vorschweben. Es wurden dadurch auch in meridionaler Richtung Flächen von annähernd gleicher Temperatur geschaffen, welche den Pflanzen das Wandern und die Anpassung an eine andere Belichtung erleichterten. Je mehr sich im Tertiär die Umrisse der jetzigen Vertheilung von Meer und Land herausheben, desto mehr fällt der unmittelbare Einfluss der Sonnenbestrahlung ins Gewicht, bis sich schliesslich nur zwischen den Wendekreisen die Pflanzen mit hohem Wärmebedürfniss halten können und damit eine tropische Pflanzenwelt fixirt ist. Bei Rückschlüssen von diesen, unseren tropischen Pflanzengattungen auf die Zustände nördlicher Gegenden, in denen sie in geologisch entlegenen Zeiten lebten, muss also zugegeben werden, dass genügende Wärmezufuhr den Einfluss der Belichtung zu paralysiren vermag. Das kann aber immer nur auf die Gattung Bezug haben, während kaum eine Art sich zugleich unter den Tropen und in den gemässigten oder kalten Zonen mit denselben Characteren erhalten wird. Coniferen und Ericaceen können zwar der Nacht der Polarländer zum Trotze ihren immergrünen Schmuck behalten, aber die eigentlichen Laubgewächse sind hierin empfindlicher und kein immergrüner Baum gedeiht jenseits des Polarkreises. In unseren Breiten wird die Zahl der immergrünen Gewächse beträchtlicher: Ilex, Epheu, Mistel, Haide, manche eingeführte wie Buchsbaum und Mahonia behalten ihre Blätter auch im Winter, während eine Conifere, die Lärche, sie abwirft. In den Tropen überwiegen die immergrünen Pflanzen, aber ausser Familien, die es ausschliesslich sind, wie die Myrten und Lorbeere, giebt es z. B. auch immergrüne Eichen, während diese Gattung noch bei uns regelmässig das Laub abstösst. Angesichts dieser allmählichen Abstufungen ist es gewagt, aus den fossilen Pflanzen, sobald sie ausgestorbenen Arten angehören, auf die klimatischen Verhältnisse zu schliessen. Wir können aber annehmen, dass zur Zeit der oberen Kreide die Pole, speciell der nördliche, nicht den, wie Nathorst sich ausdrückt, abnormen jetzigen Zustand der Vereisung zeigten, und dass die Vertheilung von Land und Wasser so günstig wirkte, dass trotz der Ausstrahlung in der Polarnacht die Wärme nicht so tief sank, um das Gedeihen der Laubbäume auszuschliessen, und dass die auch in meridionaler Richtung wenigstens in einigen Gegenden gleichmässige Temperatur eine derartige Diffusion der Floren begünstigt, dass die Laubbäume gegen Süden wanderten und immer längere Vegetationsperioden erhalten, während die Coniferen gegen Norden vordringen, bis in die Region der Polarnächte hinein. Die Reste

der jurassischen Flora, die Baumfarne und Sagopalmen wurden dagegen immer mehr eingeengt und in die Tropen gebannt. Wir werden auf die Wanderungen der Pflanzen und die Ausbildung der jetzigen Klimagürtel nochmals bei der Besprechung der Tertiärzeit zurückkommen müssen.

Es wäre hochinteressant, zu erfahren, wie sich das Aufblühen der Säugethiere mit dem der höheren Pflanzen verkettet, aber die Geschicke, welche während der Kreidezeit den Stamm der Säugethiere trafen, sind so gut wie unbekannt; obwohl einige Gattungen und Arten nach ihren Zähnen beschrieben sind, so ist nicht allein dieses Material sehr dürftig, oft kaum geeignet, eine sichere Gruppenbestimmung zuzulassen, sondern wir erfahren aus diesen durchaus localen, nämlich auf die obere Kreide Nordamerikas beschränkten Funden auch nichts, was auf die geographische Entfaltung des wichtigsten aller Thierstämme Licht werfen könnte. Es gilt noch immer, die Kluft zu überbrücken, welche die ersten jurassischen und triassischen Säugethiere von denen des Tertiärs, den Ahnen der lebenden, trennt. Nach Marsh's vorläufiger Beschreibung der amerikanischen Funde war die Fauna höchst mannigfaltig zusammengesetzt, nach der Revision, die Osborne gegeben hat, sinkt die Zahl der Kreidesäugethiere aber sehr herab, da anfänglich viele Zähne getrennt beschrieben sind, die offenbar zusammengehören, und auch sonst Irrthümer der Bestimmung untergelaufen sind.



Fig. 106. Tripriodon caperatus Marsh.
Oberer Backzahn eines multituberculaten Säugethieres. (Nach Marsh.) Aus der obersten Kreide (Laramie) von Wyoming.

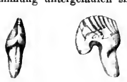


Fig. 107. Halodon sculptus Marsh.
Erster Praemolar des rechten Unterkiefers eines multituberculaten Säugethieres. (Nach Marsh.) Aus der obersten Kreide (Laramie) von Wyoming.

Die bei weitem meisten Zähne gehören zu der schon mehrfach erwähnten Gruppe der Multituberculata Cope's, deren scheinbare oder wirkliche Verwandtschaft mit dem lebenden Schnabelthiere in der Jugendbezahnung dieses wunderlichsten aller heutigen Säugethiere zum Ausdruck kommt, so dass man den genetischen Zusammenhang mit den Monotremen wenigstens für möglich halten muss. Als Ueberbleibsel einer längst verschollenen Schöpfung hausen Ornithorhynchus und Echidna in den von der Cultur noch nicht überzogenen Gegenden Australiens, während ihre Ahnen zur Kreidezeit noch weit verbreitet waren und in zahlreiche Gruppen zerfielen. Die eine Familie war

im Jura durch Plagiaulax vertreten und findet in der Kreideform Cimolomys ihre Anknüpfung an den untereocänen Ptilodus; Meniscoëssus repräsentirt eine zweite Familie, die Stereognathidae, und möglicherweise gehört Allacodon Marsh zu den Bolodontiden, der dritten und ältesten Familie der Multituberculaten, die mit Tritylodon longaevus schon in der Trias erschien. Polymastodon und Chirox sind die eocänen Nachkommen, und wir sehen, wie diese eine Gruppe von der Trias bis ins Tertiär sich über Afrika, Amerika und Europa erstreckte.



Fig. 108. Didelphops vorax. Marsh.
Zwei Backzähne des rechten Oberkiefers, von der Kaufläche gesehen. (Nach Marsh.) Aus der obersten Kreide (Laramie) von Wyoming.

Fast noch unsicherer sind die Zähne von Didelphops und Cimolestes zu deuten, welche sich sowohl mit Beutelthieren wie mit Creodonten, Mesodonten und Insectivoren vergleichen lassen. Immerhin zeigt sich ein Fortschritt gegenüber den jurassischen Formen. Dass aber auch die Säugethiere der Kreidezeit es noch zu keinem nennenswerthen Aufschwung gebracht haben, dass sie keineswegs die dominirenden Thiere waren, scheint aus den bisherigen Fundeu gefolgert werden zu müssen. Gewandte, kleine Räuber, die nach Art der Didelphiden und Marder der Brut anderer Thiere gefährlich sind, sich durch Felsspalten zwängen und von Baum zu Baum schlüpfen, nehmen sie eine gesicherte Stellung im Haushalte der Natur ein, da ihnen von den schnellen Eidechsen vielleicht keine an Kraft, von den grossen Reptilformen keine an Gewandtheit gewachsen war, um die Verfolgung mit Erfolg aufnehmen zu können. Erst als die Riesenformen der Reptilien sich erschöpft haben, schieben sich die Säugethiere an ihre Stelle und zeitigen grosse, zum Theil gewaltige Gestalten, die sich rasch in eine Menge von Gruppen vertheilen. Der plötzliche Aufschwung der Säugethiere bedeutet nicht den activ erfochtenen Sieg über die Reptilien, sondern durch das Aussterben der Reptilien war eine Lücke entstanden, welche der jugendkräftige, elastische Stamm geradezu ausfüllen musste. Die Expansion der Säugethiere war eine Nothwendigkeit, sobald Raum geschaffen wurde, sie war eine so rasche, dass auch das eingeräumte Areal nicht ausreichte, um dem lawinenartig anwachsenden Stamme alle Lebensforderungen zu gewähren. Ein Theil der Insectenfresser drängt sich durch Ausbildung des Flugvermögens in die Region der Vögel, viele Carnivoren passen sich der Pflanzennahrung an, einige machen den Fischen im Meere Concurrenz, und auch von den zu Pflanzenkost übergegangenen suchen manche in den Flüssen und Seen ein Areal, in dem der Kampf ums Dasein weniger grausam wüthet. Verhält-

nissmässig wenigen gelang es, diesen abweichenden Lebensbedingungen sich so rasch als nöthig war zu fügen, aber der alterthümliche Habitus der heute im Wasser und in der Luft sich bewegenden Säugethiere zeigt, dass sie dann auch nicht mehr zu beständig neuen Formen gehetzt wurden, während auf dem festen Boden sich rasch ein kaum übersehbares Getümmel entfaltet, der kleinste geologische Zeitabschnitt immer wieder neue Folgen von Arten, Gattungen und Familien sieht.

Wenn spätere Funde bestätigen sollten, dass die oben ausgesprochene Vermuthung, Amerika für den Ursitz der höheren dicotylen Pflanzen zu nehmen, der Wahrheit entspricht, so dürfte man auch hierher die Abzweigung der Pflanzenfresser von den carnivoren Säugethieren verlegen. Es mag ja sein, dass auch auf den europäischen Inseln der Kreidezeit sich Nachkommen von Triglyphus, von Phascolotherium, Microlestes und anderen kleinen Räubern erhalten hatten, aber sie sind nachweislich auf die Mischung der ältesten europäischen Tertiärfauna, der von Rheims, ohne Einfluss; sie blieben, was sie waren, fleisch- und insectenfressende Beuteltbiere und Monotremen, und vergingen als solche in Isolirung. In Amerika gab es ausgedehnte Wälder schon zur Neocomzeit, und da im amerikanischen Tertiär die pflanzenfressenden placentalen Säugethiere in grosser Zahl erscheinen und die Invasion in Europa erfolgte, die sich schon in der Fauna von Rheims wiederspiegelt, so mag man die Ausbildung der herbivoren Säuger auch in die Zwischenzeit und in dasselbe Areal verlegen, wo die dicotylen Pflanzen sich hier mächtig entfalteten. Das Aussterben der pflanzenfressenden Reptilien fällt in die gleiche Zeit; die Hypertrophie der Körper, welche von dem winzigen Gehirn nicht mehr regulirt werden konnten, vereinigt sich vielleicht mit dem Wechsel der Pflanzen, zu deren Zerkleinerung nicht messerscharf schneidende, sondern breite Malmzähne erforderlich wurden.

Die vorwiegend marine Entwickelung der oberen Kreide lässt alle Versuche, den grossen Umschwung in der Entwickelung der Pflanzenwelt und der Säugethiere in seinen einzelnen Stadien zu verfolgen, aussichtslos erscheinen. Nicht besser steht es um unsere Kenntniss der übrigen Landbewohner. Die Bedingungen zu einer regen Entfaltung waren aber gegeben, zahllose Insecten werden die Pflanzen umschwärmt, zahlreiche Vögel auf jene Jagd gemacht haben. Die nächstfolgenden eocänen und oligocänen Schichten, so die Gypse des Montmartre, gestatten ein sicheres Urtheil wenigstens über die tertiären Vögel; da ist kaum ein Rest, dem man nicht seinen Platz in dem ganz auf die jetzigen Verhältnisse zugeschnittenen Systeme anweisen könnte. Die abweichenden Vogelreste der oberen amerikanischen Kreide müssen mit

Rücksicht hierauf beurtheilt werden; obwohl sie in manchen Eigenschaften ursprünglicher erscheinen, da diese ein Festhalten an Formverhältnissen bedeuten, welche das embryonale Leben der jetzigen Vögel rasch durcheilt, so sind sie doch nicht in die directe Ahnenreihe einzuschalten, sondern aberrante, einseitig ausgebildete und dem Untergange verfallene Formen. Die Gattungen unserer Vögel sind schon im untern Tertiär so gefestigt, dass ihre Wurzeln tief in die Kreide zurückreichen müssen, unsere Phantasie darf hier ergänzen, was die Zufälligkeiten der Ueberlieferung direct zu erweisen verwehren. Ein einzelner Fund in der obersten Kreide des südlichen Schwedens, den Dames unter dem Namen Scaniornis beschrieben, kann trotz der schlechten Erhaltung der wenigen Knochen als Stütze angezogen werden.

Was nun die erwähnten amerikanischen Vögel betrifft, so sind sie jedenfalls in ihren Abweichungen von dem einheitlich durchgeführten Bauplan der Vögel von hohem Interesse. Marsh beschrieb sie unter dem Namen der Odontornithen, und die reptilienartigen Zähne sind in der That der auffälligste Character. Man hat aber zwei sehr verschiedene Typen auseinander zu halten. Am besten gekannt ist Hesperornis, der von Marsh mit den Ratiten, den Laufvögeln, verglichen wird, obwohl eine irgendwie genetische Beziehung nicht vorliegt, da hier nur Adaptionserscheinungen in dem Skelettbau zum Ausdruck kommen. Kurz zusammengefasst sind die Hauptmerkmale dieser Gruppe die vollkommen rudimentären Flügel, von deren ganzem Skelett nur der Oberarmknochen noch vorhanden ist, und der Schwund des Brustbeinkieles, welcher mit der Verkümmerung der Flügelmuskulatur nothwendig Hand in Hand geht. Die Zähne stehen nicht in einzelnen Zahngruben, sondern in einer langen Rinne.

Bei Ichthyornis stehen die Zähne in einzelnen Gruben, ganz wie bei vielen Reptilien, die Wirbel sind beiderseits concav, was bei Vögeln sonst nicht vorkommt, aber die Flügel sind kräftig entwickelt und der riesige Brustbeinkiel zusammen mit entsprechenden Leisten des Humerus deuten auf hoch ausgebildetes Flugvermögen.

Flügellose Vögel, oder solche mit verkümmertem Flugvermögen pflegte man noch in nicht weit hinter uns liegender Zeit als eine in sich geschlossene Ordnung zu betrachten, und man hat öfter ausgesprochen, dass diese Ratiten Ueberreste der alten Sammelgruppe der Vögel seien, aus denen die Carinaten durch allmähliche Steigerung des Flugvermögens hervorgegangen sind. Neuere Untersuchungen zeigten, dass die kleinen Flügel der Strausse u. s. w. nicht in einem primitiven, sondern in reducirtem Zustand sich befinden, dass wir also umgekehrt für diese Thiere Vorfahren anzunehmen haben, welche wie

andere Vögel fliegen konnten, daher auch einen Kiel des Brustheines, das Merkmal der Carinaten, und vollkommen ausgebildete Flügelknochen und -Muskel besassen. Die ganze Organisation des Vogels ist nur dadurch zu erklären, dass wenigstens alle lebenden Arten sich von solchen mit entwickeltem Flugvermögen ableiten. Der in einem der vorhergehenden Capitel besprochene Archaeopteryx des weissen Jura beweist, dass schon damals dieses Stadium beinahe vollkommen erreicht war; die Formen, die es noch nicht soweit gebracht hatten, waren endgültig überholt und konnten sich in dem unfertigen Zustande ihrer Vorderextremitäten weder gegenüber Archaeopteryx noch gegenüber den Reptilien einen Vortheil im Kampf um die Existenz sichern. Wenn auch einige Forscher Archaeopteryx selbst mehr als einen Seitenzweig denn als unmittelbaren Vorläufer der lebenden Vögel betrachtet wissen wollen, so ist doch anzunehmen, dass auch diese Vorläufer nicht schlechter fliegen konnten, denn sonst wäre ja gerade die Form ausgestorben, die die angeregte Bewegung zuerst zu einem nutzenbringenden Zustande gesteigert hatte und also einen nicht wieder gut zu machenden Vorsprung besass. Aus dieser Gesammtmasse der fliegenden Vögel ist nun nicht eine ganze Ordnung ausgeschaltet, die das Flugvermögen verloren hat, auch leiten sich nicht etwa die lebenden Ratiten von einer solchen Form ab, sondern bald in dieser bald in jener Gruppe vollzog sich diese Verkümmerung der Flügel, wenn die von der Art eingeschlagene Lebensweise das Organ durch Ausnutzung nicht mehr auf der Höhe seiner Vollendung hielt oder sich gar Missstände einstellten, die grossen Flügel hinderlich wurden Wer jemals einen Pinguin hat tauchen sehen, wird sich dem Eindrucke nicht verschliessen, dass hier das Endresultat, Verkümmerung der Flügel, auf einem ganz anderen Wege erreicht wurde, als bei den Straussen. Die Pinguine sind die ans Wasser, die Strausse dem Landleben s. str. angepassten Vögel; beide verliessen die von den Vögeln eroberte Sphäre, beiden ging die Fähigkeit verloren, sich wieder in die luftigen Regionen zu erheben, aber von innerer Verwandtschaft besteht hier keine Spur, wenigstens nicht mehr als zwischen einem Adler und einem Storch.

Die Hesperornis-Reste werden demgemäss von Lydekker und Thomson neuerdings ganz anders beurtheilt, als von ihrem Beschreiber Marsh. Die Bezahnung ist ein Merkmal, das nicht den Ausschluss von einer genetischen Reihe bedingen kann, wenn sonst in wichtigen Eigenschaften Uebereinstimmung herrscht; vielleicht waren die meisten cretaceischen Vögel noch mit Zähnen ausgestattet, die auch bei Embryonen vorübergehend angedeutet sind. Es ist ein transitorisches Merkmal, und der Vergleich zwischen Archaeopteryx

und Hesperornis lehrt, dass es hier schon im Schwinden begriffen ist, da die Zähne nicht mehr in einzelnen Gruben des Kieferknochens eingesenkt sind, sondern in einer gemeinsamen Rinne lagern, eine viel lockerere Art der Befestigung, die andeutet, dass sie allmählich ausser Function treten.

Die sich sogar in Einzelheiten ausprägende Uebereinstimmung des Knochengerüstes mit Colymbus, dem Seetaucher, und seinen Verwandten wird jetzt in den Vordergrund gestellt; trotz des kiellosen Brustbeins und des Mangels der Flügel muss nach den genannten Gelehrten Hesperornis bei den Carinaten stehen, als ein durch Anpassung aberrant gewordener Typus, der sich den echten Ratiten nur in jenen erwähnten, der Anpassung besonders ausgesetzten Eigenschaften, in allen andern den Colymbiden anschliesst.

Ichthyornis weicht ausser der Bezahnung nur durch die Bildung der Wirbel vom Carinatentypus ab, ein Merkmal, dessen Bedeutung für die Classe der Vögel vorläufig unbekannt ist. Da auch Archaeopteryx amphicoele, auf beiden Gelenkflächen ausgehöhlte Wirbel hatte, so mag hier ein alterthümlicher Zug hängen geblieben sein. In anderen Gruppen, z. B. bei Schildkröten und Crocodiliden, ist die Beschaffenheit der Wirbelendflächen sehr veränderlich und den Gewohnheiten des Thieres deutlich angepasst. Mag man die eine oder die andere Kategorie zum Vergleich heranziehen, soviel ist gewiss, dass auch Ichthyornis ein carinater und den lebenden Carinaten so eng verwandter Vogel ist, dass man die Berechtigung, für ihn eine besondere Unterordnung zu halten, bestreiten möchte. Wenn jeder Vogel von Vorfahren mit amphicoelen Wirbeln und bezahnten Kiefern abstammt, so dürfen diese Merkmale in einem genetischen, die Stammesgeschichte spiegelnden Systeme nicht als Eintheilungsgrund verwendet, sondern können nur als Massstab für die Schnelligkeit der eingetretenen Umwandlung benutzt werden. Es haben dann die Merkmale, welche eine Verwandtschaft mit lebenden Familien anzeigen, den Vorrang. Früher oder später werden unsere Systeme in dieser Richtung umgearbeitet werden müssen.

Es sei diesen Bemerkungen über die bezahnten Kreidevögel nachgetragen, dass Ichthyornis ein kleines, Hesperornis ein recht grosses Thier war und dass sich weniger vollständige Reste von nahestehenden Gattungen sowohl in Amerika wie auch in gleichalten Schichten Englands gefunden haben.

Im Jahre 1780 entdeckte ein Arzt Namens Hofmann den Schädel eines riesenhaften Reptils in den Steinbrüchen des Petersberges bei Mastricht. Durch die Intriguen des Steinbruchbesitzers Godin wurde ihm das Recht auf den Fund abgesprochen, aber auch dieser erfreute sich des Schatzes nicht

lange. Die Franzosen schleppten ihn 1795 als gute Beute nach Paris, wo er sich noch befindet. Ein unter Cuvier's Aufsicht gefertigtes Modell wurde in einer Anwandlung wissenschaftlicher Courtoisie an viele wissenschaftliche Anstalten geschickt und dürfte schon manchem Leser dieses Buches aufgefallen sein. Die ungewöhnlichen Dimensionen haben das Urtheil über die systematische Stellung lange wesentlich beeinflusst; sind auch die Gliedmaassen der Mosasauriden oder Maasechsen, wie die ganze Gruppe der sich hier anreihenden Reptilien in Erinnerung an den ersten Fund genannt

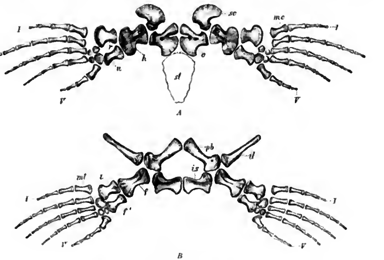


Fig. 109. Lestosaurus simus Marsh.

A Schultergürtel und vordere Gliedmassen, *B* Beckengürtel und hintere Gliedmassen. Etwa 1/12 n. Gr. Aus den Kreideschichten von Kansas. (Nach Marsh.) *sc* = Schulterblatt, *c* = Coracoid, *st* = Sternum, *h* = Humerus, *r* = Radius, *u* = Ulna, *mc* = Metacarpalien, *I—V* Finger, *il* = Ilium, *pb* = Pubis, *is* = Ischium, *f* = Femur, *t* = Tibia, *f'* = Fibula, *mt* = Metatarsalia.

wurde, durch den Wechsel der Lebenssphäre, durch eine weitgehende Anpassung an das Wasserleben, bedeutsam abgeändert, so ist die Uebereinstimmung mit den lebenden Varaniden oder Warneidechsen besonders im Bau des Schädels so vollkommen, dass man den Mosasauriern nur den systematischen Rang einer Familie zuerkennen kann. Selbst die Grössenunterschiede verwischen sich. Man schätzt zwar die Länge des Mosasaurus Hofmanni auf 25 Fuss, und Hainosaurus, dessen vollständiges Skelett im Museum zu Brüssel steht, ist sogar noch bedeutend grösser. Aber manche amerikanische Arten der verwandten Gattungen Clidastes und Platecarpus sind auch wesentlich kleiner, oft von geringen Dimensionen, und im Diluvium Neusee-

lands fand sich ein Varanus, der selbst die gewaltigsten Mosasaurier noch überragt.

Das Interesse knüpft sich an das rasche Aufblühen und Vergehen dieser wasserlebenden Varaniden, sowie an die Veränderungen, welche sich im Skeletthau ausprägen, je fester sich die Anpassung an das Meer begründet. Sie nehmen eine ähnliche Stellung ein, wie die Pinnipedier unter den Carnivoren. Die Füsse verlieren die Fähigkeit zu schreiten und werden zu breiten Schaufeln, die im Knochenbau denen der Wale nicht unähnlich sehen. Die rauhe Beschaffenheit der Knochen an den Rändern, der Mangel von Gelenkflächen zwischen den zahlreichen Fingergliedern (sechs im längsten Finger) lässt mit Sicherheit annehmen, dass sie im Leben durch Knorpelmassen verbunden waren, dass feste Haut die Schaufel umhüllte und die selbständige Function der Finger verloren gegangen, in dem nützlicheren Ruderorgan aufgegangen war. Die häufige Erscheinung, dass Angehörige terrestrischer Gruppen, welche sich daran gewöhnen, ihr Leben ausschliesslich oder vorwiegend im Wasser zuzubringen, eine Reduction der hinteren Gliedmaassen erleiden, zeigt sich auch hier in ihren ersten Anfängen. Die Hinterextremitäten sind viel kleiner und der Zusammenhang der Sacralwirbel ist gelockert; umgekehrt sahen wir bei den Dinosauriern, die statt der kriechenden Bewegung der Reptilien die schreitende oder springende annahmen, dass die Hinterbeine sich verstärkten und eine grössere Anzahl von Wirbeln zu ihrer Stütze fest verwuchs. Bei starker Reduction der Hintergliedmaassen und Schwinden eigentlicher Sacralwirbel bekommen diese langgestreckten Reptilien etwas schlangenartiges im Habitus; der von Cope ertheilte Name Pythonomorpha erinnert hieran, doch ergab sich, dass an eine engere Beziehung zu den Schlangen nicht gedacht werden darf. Diese unheimlichen Geschöpfe, die mit dem beweglichen Körper leicht und pfeilschnell durch die Wellen glitten, deren kräftige Bezahnung ihren räuberischen Character deutlich verkündet, sind eine so ephemere Erscheinung, dass man unwillkürlich nach denjenigen forscht, die stärker waren als sie und ihnen den Rang in der Herrschaft über das Meer abgelaufen haben. Ich bin auch in diesem Falle der Ansicht, die ich unten in Bezug auf die Ichthyosaurier und Plesiosaurier geäussert habe, diese gefährlichen Feinde in den Riesenarten von Haifischen zu vermuthen, die am Ende der Kreidezeit erscheinen.

Aus der grossen Gruppe der Dinosaurier heben wir nur die auffallenden Ceratopsiden hervor, riesenhafte Gestalten aus der Ordnung der Orthopoden, welche auf den Stirnbeinen, zuweilen auch auf den Nasenbeinen starke,

knöcherne, im Leben offenbar mit Hornscheiden umhüllte Zapfen tragen. Fragmente solcher Schädel konnten wohl den Irrthum erregen, es mit Wiederkäuern zu thun zu haben. Kleinere, kegelförmige Hautknochen umgürten die Hinterhauptsregion. Wie sich dem Oberkiefer vorn ein Rostrale an-

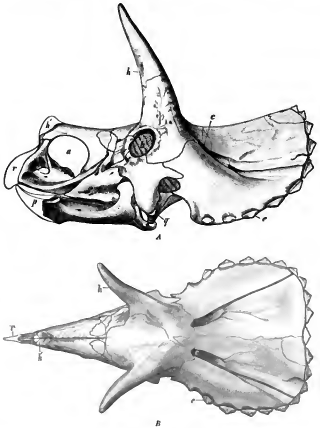


Fig. 110. Triceratrops flabellatus Marsh.
Aus den oberen Kreideschichten von Wyoming. *A* Schädel von der Seite. *B* von oben gesehen. $1/30$ n. Gr. (Nach Marsh.) *a* Nasenöffnung, *b* Augenhöhle, *c* obere Schläfengrube, *e* Randknochen, *h* Stirn-Hornzapfen, *h'* Nasen-Hornzapfen, *p* Praedentalknochen, *q* Quadratbein, *r* Rostralknochen.

fügt, so endigt auch der Unterkiefer in einem besonderen Knochen, dem Praedentale; beide waren im Leben von Hornscheiden überzogen. Zähne beginnen erst mit der Backzahnreihe und sind, höchst auffallend für Reptilien, zweiwurzlig. In Haltung und Bewegung glichen die Thiere wohl am meisten

den Iguanodonten. Sie scheinen auch in Europa nicht zu fehlen, wie Funde in den alpinen Gosauschichten annehmen lassen.

Ichthyosaurenreste sind in manchen zur Kreide gerechneten Schichten gefunden. Noch im Anfange der funfziger Jahre dieses Jahrhunderts hielt man dies in so vieler Beziehung merkwürdige Geschlecht für nur auf die Juraformationen beschränkt und glaubte, dass es schon in nachliassischer Zeit ausgestorben gewesen sei. Auch die geographische Verbreitung schien eine beschränkte zu sein, und die Liasgebiete von Whitby bis Lyme einerseits, vom Kloster Banz bis in den Canton Schaffhausen andererseits wurden als die Hauptfundorte angegeben. Aber nicht allein der durch den grossen I. campylodon vertretene Tenuirostris-Typus hat (wie Owen zeigte) die Jurazeit überdauert, sondern in dem von mir beschriebenen I. polyptychodon des unteren Gaults finden wir auch eine Fortsetzung des Typus mit plumperem Kopfe, wie er durch I. communis und latifrons des Lias bezeichnet wird; zugleich dehnt sich ihre Verbreitung über Russland, England, Deutschland, Frankreich, die Pyrenäen und selbst nach Indien aus, sodass das Geschlecht der Ichthyosauren noch einmal einen erhöhten Aufschwung genommen zu haben scheint. Sie reichen als ein sehr conservativer Typus sicher bis in die obere Kreide, denn in der Hippuritenkreide der Pyrenäen finden sich ihre Spuren. Was die Ursache ihres Verschwindens gewesen ist, bleibt in Dunkel gehüllt. Ausser grossen Haifischen hatten sie auf dem Meere keine Concurrenz zu fürchten, und auch das Emporkommen der Säugethiere konnte für ihre Lebenssphäre kaum schädlich wirken. Von Degeneration kann man bei diesen Thieren nicht sprechen, noch weniger von Hypertrophie, denn ihr Körper blieb derselbe durch lange geologische Zeiträume, und fast das einzige Merkmal, welches die cretaceischen Ichthyosauren auszeichnet, ist die durchgängig stärkere Berippung des Kronenschmelzes der Zähne. Von etwaigen klimatischen Aenderungen wurden sie als Wasserbewohner nicht empfindlich betroffen. Es bleibt als einzig wahrscheinliche Annahme, dass sie in der Herrschaft über das Meer von den Squaliden abgelöst wurden, die sich zu Ende der Kreidezeit zu wahrhaft gigantischen Formen entwickeln, wie die zuweilen bis ½ Fuss langen Zähne der Carcharodonten beweisen. Solche Zähne deuten nach Lacépède auf Thiere von 70 Fuss Länge; ein schlecht erhaltener Wirbel aus der obersten braunschweigischen Kreide, den ich seiner Zeit untersuchen konnte, lässt durch die über 10 cm betragende Breite und Höhe auf einen ähnlichen Riesenhai schliessen. In Italien treten diese gewaltigen Fische schon in dem „biancone", der untersten Kreide, auf; Zigno beschrieb einen Wirbel vom Monte Gattola im Veronesischen, der

2,5 cm Dicke und 12 cm im Durchmesser besass. Diesen furchtbaren Concurrenten waren die ungepanzerten Ichthyosaurier muthmasslich nicht gewachsen; in der Kreide Italiens kennt man sie nicht.

Auch die Plesiosaurier erleben in der oberen Kreide ihr letztes geologisches Zeitalter, obwohl sie erst jetzt zu höchster Blüthe gekommen sind und zahlreiche Reste aus aller Herren Länder auf riesige Formen hinweisen (z. B. Plesiosaurus constrictus). Einen wunderlicheren Anblick vermag man sich kaum auszumalen, als diese plumpen, walzenförmigen Körper mit den langen Flossen, dem Schwanenhalse und dem kleinen, eidechsenartigen Schädel mit seinen scharfen Zähnen.

Die missgestalteten Höllengeschöpfe, mit denen ein Teniers seine Bilder belebte, sind nicht so phantastisch, wie jene Bestien der Natur. In den australischen Gewässern, in den Breiten von Chile, von Indien, im grossen nordamerikanischen Kreidesee, im mediterranen und im nordeuropäischen Kreidemeere — überall sind sie zu Hause und streifen selbst in die Brackwasser hinein, wie ich schon oben erwähnte. An Hässlichkeit können mit ihnen die grossen nackthäutigen Pterodactylen wetteifern, besonders die Arten der Gattung Ornithocheirus, die in ihrer Gestalt sich zwar ganz an ihre jurassischen Vorfahren anlehnen, aber gigantische Proportionen erreichen. Um einen Begriff von der Grösse eines solchen Thieres zu geben, sei angeführt, dass Pterodactylus Sedgwickii nach Owen eine Spannweite der Flugfinger „from tip to tip“ von 22 engl. Fuss besass!

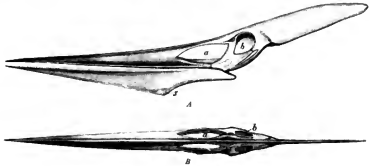


Fig. 111. Pteranodon longiceps Marsh.
Aus den Kreideschichten von Kansas. Etwa 1/10 nat. Gr. (Nach Marsh.) *A* Schädel von der Seite, *B* von oben gesehen. *a* Nasenöffnung, *b* Augenhöhlen.

Nicht minder gewaltige Thiere waren die in der Kreide von Kansas verbreiteten Arten der Gattung Pteranoden, zahnlose Pterodactylen, mit verschmolzenen Rückenwirbeln, an denen das Schulterblatt eine feste Gelenkung

findet. In ihnen ist der Typus der fliegenden Reptilien, der Ornithosaurier, aufs höchste gesteigert.

Auch sie sind verschwunden, wenn wir die Schwelle zum Tertiär überschreiten, wie Spukgestalten, die nur unsere Phantasie in uns erregt hat. So sehen wir die Reptilien durch die Fische aus den Meeren gedrängt, auf dem Lande durch die Fülle der Säugethiere beengt, in der Luft nach kurzem Kampfe von den feiner organisirten Vögeln besiegt — ihre Herrschaft ist vernichtet mit dem Ende der mesozoischen Aera, der sie während ihrer ganzen Dauer die characteristische Färbung verliehen haben. Nachzügler der alten Gruppen ragen in die Neuzeit hinein; aber nur aus dem einen Zweige der Lacerten sprosst ein neues Leben, und nur den Schlangen gelingt es, eine Stelle im Schlachtfelde voll zu behaupten.

D. Der Uebergang von der Kreide zur Tertiärzeit.

Wenn ein Vergleich mit der Geschichte der Menschheit gestattet ist, so könnte man die Kreide dem Zeitalter der Entdeckungen vergleichen. Ueberall regen sich die Spuren neuzeitlichen Lebens, fallen die Trümmer, welche aus der Vergangenheit noch in die mesozoischen Formationen übertragen wurden; die Erde überzieht sich mit einer Pflanzendecke, die auch unser Auge kennt, Thierformen treten auf, deren Nachkommen noch mit uns zusammen leben, unser Zeitalter ist es dann, das mit dem Tertiär anbricht. Es ist noch nicht lange her, dass man zwischen Kreide und Tertiär eine so tiefe Kluft glaubte erkennen zu können, dass die ganze Aera des Mesozoicums wie abgeschnitten schien. Die Schwierigkeiten, welche neuerdings der Stratigraphie in der Abgrenzung der beiden Formationen erwachsen sind, und die in der systematischen Wissenschaft lästig genug empfunden werden, sind für die Lehre von dem ruhigen, continuirlichen Verlauf der Erdgeschichte von höchstem Werth. Die Hauptfortschritte liegen darin, dass man neben der früher fast allein gekannten marinen Ausbildung der obersten Kreideschichten jetzt auch brackische, Süsswasser- und selbst terrestrische, unter Mitwirkung des Windes auf dem Festlande selbst zusammengebrachte Schichten, alle mit einer reichen Fauna, kennen gelernt hat, dann aber auch marine, einheitliche Schichtengruppen, die in ihrem unteren Theil ebenso gewiss zur Kreide, wie oben zum Tertiär gehören. Das sog. Danien, die Bildungen bei Faxe in Dänemark, bei Maestricht und anderen Orten, wurde schon früher, zum Theil nicht richtig, als Uebergang zum Tertiär aufgefasst. Mögen sich auch einige Arten dieser Zeit im Tertiär wiedergefunden haben (es mag an den Gavial des

Calcaire pisolithique und der Maestrichter Kreide erinnert werden), so ist man doch nicht im Zweifel, wo hier die Grenze der beiden Zeitalter zu ziehen ist. Die in den Maestrichter Kreidetuffen noch blühend entwickelten Cephalopoden hatte man noch niemals im benachbarten europäischen Tertiär gefunden. In der libyschen Wüste legen sich ohne Unterbrechung die Gesteine der Nummulitenformation auf die oberste Kreide, aber wenn hier auch kein Bruch in der Ablagerung der Meeresgebilde vorliegt, so besteht er doch zwischen den Faunen. Anders verhalten sich die an der Westküste Californiens abgelagerten Schichten; hier kann kein Zweifel mehr darüber bestehen, dass sich der Fauna der oberen Kreide allmählich erst, dann immer stärker und schliesslich dominirend die Typen des Tertiärs beimischen, sodass wir die letzten Ammoniten umgeben von einer neuzeitlichen Bevölkerung aussterben sehen.

Mit kurzen Worten mögen an der Hand der Specialarbeiten die wichtigsten Zwischengebilde zwischen Kreide und Tertiär hier besprochen werden und zwar zuerst die schon genannte californische Chico-Téjon-Gruppe.

Die in vieler Beziehung wichtige Chico-Téjon-Gruppe Californiens ist eine Anlandung des pacifischen Oceans von etwa der Südgrenze Californiens bis hinauf zu Vancouver Island, stets westlich der Sierra Nevada und Cascade Range über 17 Breitengrade ausgedehnt. Nur nach Oregon, in den Thälern des John Day und Crooked River ziehen sich Ausläufer bis östlich der Cascade Range. Nördlich mögen sich einige Schichten auf Queen Charlotte Island anreihen, südlich aber lässt sich die Abwesenheit der Gruppe direct nachweisen, da hier das Miocän unmittelbar auf der tieferen Wallala-Group liegt. Die Küstenbildung wird auch durch die Unregelmässigkeiten der Ostgrenze angedeutet, welche wenigstens zum grossen Theile einer alten Küstenlinie angehören.

Die höchsten Schichten oder die Téjon-Abtheilung ist wesentlich nur südlich von S. Francisco entwickelt; erst viel weiter nördlich in Oregon, an der Coos Bay und bei Albany, bei Astoria und in Washington Terr., ist dieses Uebergangsglied zum Tertiär wieder vorhanden. Hier fehlen aber alle Kreidetypen und man würde mit demselben Rechte die Schichten für eocän erklären können. Auf Vancouver-Island sind wiederum vorwiegend die Chico-Schichten vorhanden, mit den letzten Baculiten und Ammoniten.

Marcou spricht sich allerdings energisch dagegen aus, die Schichten von Fort Téjon und dem Chico Creek der Kreide zuzurechnen, „auf Grund einiger magerer und verkrüppelter Ammoniten, Vertreter einer im Untergehen begriffenen Familie, welche sich zerstreut und in geringer Zahl zwischen einer

durch Gattungen und Arten ausgezeichnet characterisirten Eocänfauna fanden." Nach ihm kommt echte Kreide nur um den Mount Shasta vor und nimmt nur einen ganz beschränkten Raum an der Oberfläche ein. Er rechnet sie der oberen Etage der Schreibkreide zu. Wenn man aber die aufgeführten Gattungen: Belemniten, Ammoniten, Ancyloceras, Crioceras, Ptychoceras, Diptychoceras, Nerita, Pleuromya, Aucella, Pinna, Rhynchonella erwägt, so spricht keine gegen untere Kreide, mehrere entschieden für neocomes oder gaultines Alter und zugleich für eine Mischung südamerikanischer und borealer Typen.

Uebergangsglieder zum Tertiär scheinen auch an der chilenischen Küste zu lagern. Das anfänglich nicht bestrittene Vorkommen von Ammonitidiern unter tertiären Mollusken wurde in Frage gestellt, als Steinmann nachwies, dass man typische Kreide und darüber lagerndes Tertiär nicht getrennt gehalten habe. Neuerdings sind aber Funde gemacht, welche der älteren Auffassung eine starke Stütze sind und mit Hinblick auf die Chico-Téjon Gruppe auch durchaus nicht mehr ausnahmslos dasteben.

Die Puget-Gruppe ist eine mit der Chico-Téjon-Gruppe gleichzeitige Aestuarienbildung, daher den weiter östlich entstandenen Laramieschichten ebenfalls aequivalent. Von British Columbia an reicht die von ihr bedeckte Fläche durch Washington Terr. bis zum Columbiafluss und vom pacifischen Ocean bis zur Cascade Range, an deren östlichem Abhange die Schichten wieder ausstreichen. Das Relief der Gegend, das heute durch die beiden Riesenketten der Coast Range und der Cascade Range und die dazwischen liegende Einsenkung der grossen Thäler des Sacramento und San Joaquin in Californien, des Willamette in Oregon und des Puget Sound in Washington bestimmt wird, existirte damals nicht. Nur im Norden bildeten die Olympic Mountains und der letzte Theil des Cascadengebirges Inseln oder Halbinseln. Obwohl also die Hebuug der grossen Wasserscheide erst später erfolgte, beweisen die verschiedenen Arten von Mollusken doch die vollständige Trennung vom Laramiebecken des inneren Amerikas. Ein breiter Landrücken mochte sie trennen, mit Laubbäumen bewachsen, deren Blätter in beide Wasserbecken geriethen, wie auch wohl die gleichen Arten von Süsswasserschnecken und Reptilien in beiden Ablagerungen vorkommen. Das Laramiebecken öffnet sich aber nach dem atlantischen Oceane, resp. dem Golf von Mexiko, das Pugetbecken nach dem pacifischen Oceane.

Eine genauere Abschätzung des Umfanges ist vorläufig unmöglich, doch giebt White an, dass mehrere Tausend Quadratmiles mit Wasser bedeckt waren. Während die Laramiesee als ein Relict des sich zum Golfe zurück-

ziebenden Wassers gelten muss, das wahrscheinlich nur durch eine enge Strasse noch in Verbindung mit dem Ocean, zeitweilig ganz abgetrennt war, commuuicirtc das Puget-Becken breit mit dem Meere nnd enthielt nur im Osten reines Süsswasser. Oestlich der Olympic Mountains sind noch Meeresmollusken der Chico-Téjon-Gruppe gefunden, sodass die Barre wahrscheinlich noch östlich dieser Berge zu suchen ist.

Wir kämen nun zu der vielumstrittenen Laramie-Gruppe selbst. Von unserem Standpunkte aus ist es ziemlich gleichgültig, ob sie bei der Kreide oder beim Tertiär aufgeführt wird. Dass sie der Kreide jedenfalls eng verbunden ist, lehrt ein Profil von der Ostseite des Felsengebirges. Hier prallte einst ein Theil des alten Innenmeeres an, der sich im Laufe der Zeit zu einem selbständigen Becken umgestaltete, das bis an die Devonschichten des unteren Peaceflusses (54⁰ nördl. Br.) reichte. Tief unten liegen turone Scbichten mit Ammoniten aus der Gruppe des A. Woolgari, dann folgen Scbicbten, deren Versteinerungen entschieden tertiären Habitus zeigen, ähnlicb denen der Laramie-Gruppe, und doch folgen noch ca. 1000 Fuss zweifelloser Kreide.

Nach White's langjährigen Untersuchungen bedeckten die von ihm zur Laramie-Gruppe gerecbneten Schichten den grossen, ungeheueren Flächenraum von 50 000 Quadratmiles; sie ziehen sich im Norden durch Montana und Dacota nach Britisch-Columbien hinein, erreichen im Süden Neumexiko, und während sie sich westlicb, der Wahsatcb-Kette folgend, bis in das südwestliche Utah verfolgen lassen, verschwinden sie erst östlich der Rocky-Mountains, unterlagern aber wahrscbeinlich die tertiären Bildungen der grossen Ebenen noch in weiter Erstreckung. Der Character ist durchaus der einer Süss- und Brackwasserformation, erst mit dem Tertiär erfolgt eiue frischere Verbindung mit dem offenen Meere, obwohl auch dann nocb gelegentlich Süsswasserschichten eingeschaltet sind. Unter den Mollusken sind Anodonta, Unioniden, Corbicula, Planorbis, Lymnaea, Physa, Goniohasis, Pyrgulifera, Vivipara, Tulotoma und Valvata hervorzuheben. Sehr bemerkenswertb ist die merkwürdige Verbreitung und Geschichte der Gattung Pyrgulifera. Pyrgulifera kennt man aus den cretaceischen Süsswasserhildungen Südfrankreichs, aus den Süsswassereinlagerungen in der Gosauformation, aus der oberen Kreide des Harzrandes und aus den cretaceischen Süsswasserschichten von Ajka in Ungarn. An letztgenanntem Fundorte hat fast jede der anderen Arten ihren Repräsentanten, die aber bier durch alle Uebergänge zusammengehalten sind. Bei Suderode am Harz sind es brackische Ablagerungen, in denen auch noch viele marine Arten vorkommen; da es die äl-

teste Schicht ist, in der Pyrgulifera sich gefunden hat, so könnte es scheinen, als ob der Uebergang vom Salz- zum Süsswasser sich in unseren Breiten angebahnt habe. Aber die ausserordentliche Verbreitung der Gattung, welche sogar noch lebend im Tanganjika-See vorkommt, macht es wahrscheinlich, dass sie an verschiedenen Orten der Erde sich ziemlich gleichzeitig an Süsswasser anpasste. [1])

Die Gattung Tulotoma wiederum lebt noch heute in Nordamerika, ausserdem, weit entfernt von dieser ihrer anscheinenden Heimath, im See von Talifu in der Provinz Yünnan (China), wie Neumayr gezeigt hat. In grösster Menge liegt sie in den unterpliocänen Paludinenschichten des südöstlichen Europa, und hier konnte von Neumayr mit vollster Klarheit nachgewiesen werden, dass diese reich verzierten Formen sich aus glatten Paludinen allmählich entwickelt haben. Derselbe Skulpturtypus ist aber schon einmal in viel entlegenerer Zeit, im Wealden, aufgetaucht, ebenfalls in Anschluss an glatte Paludinen, und seine unabhängige Entstehung zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Orten ist damit nachgewiesen.

Man darf bei allen Reflexionen über die Herausbildung der Süsswasserfaunen, soweit es sich wenigstens um Molluskenschalen handelt, derartige Recurrenzerscheinungen nicht aus dem Auge lassen. Auch unter den marinen Schnecken sind mir analoge Fälle bekannt.

Einige Worte über die zeitliche Verknüpfung der Süsswasserfaunen mögen hier ihren Platz finden. Es ist im hohen Grade auffallend, dass sich schon die jurassischen Süsswasserschnecken Nordamerikas, die man in den unserem Purbeck oder Wealden entsprechenden Atlantosaurus beds gefunden hat, ganz an die heutigen Vertreter anschliessen; ähnliche Erfahrungen machte man beim Studium der Mollusken der Bahia-Schichten. Dagegen steht die Molluskenfauna des mitteleuropäischen Wealden den späteren Süsswasserbewohnern viel fremder gegenüber, sie ist gleichsam viel mehr amerikanisch als europäisch. Die obercretaceischen Süsswasserarten, die wir aus der Gosau, dem südlichen Frankreich und Spanien kennen, sind scharf getrennt, und wiederum ganz abweichend erscheint die Fauna von Ajka, deren Beziehungen, abgesehen von den Laramie-Arten, weit nach Süden und Osten reichen, da die nächsten lebenden Verwandten im Tanganjika-See, Baikal-See, in Australien und auf den Fidji-Inseln leben.

1) Der Tanganjika-See beherbergt übrigens noch eine Schnecke, die bislang nur aus den obercretaceischen Cosinaschichten von Albona bekannt war, die Gattung Fascinella. (Queen.)

Die zahlreichen Ueberfluthungen durch das Meer, denen Europa so oft ausgesetzt war, haben eine einheitliche Entwickelung der Süsswasserformen nicht aufkommen lassen. Erst im Tertiär haben wir den Anschluss an die Jetztzeit.

Nordamerika verhält sich hierin ganz anders. White hat gezeigt, dass viele nordamerikanische Land- und Süsswassermollusken kaum veränderte Nachkommen cretaceischer Arten sind. Die Unioniden des Mississippi sind zum Beispiel denen der Laramie-Schichten täuschend ähnlich. Man muss sich vorstellen, dass die brackischen Laramie-Gewässer, die ursprünglich Relicte des inneren Kreidemeeres waren, immer mehr aussüssten und allmählich in die Flusssysteme eingeflochten wurden, sodass auch ihre Bewohner durch diese Ausflüsse weiter verbreitet werden konnten. Der Mississippi ist das grosse Drainirungswerk der alten Seen, und manche seiner Flussläufe fallen zusammen mit Canälen, welche die Seen der älteren Tertiärzeit leerten. Flussläufe sind häufig sehr persistent, und selbst die allmähliche Erhebung eines ihren Lauf querenden Gebirges bringt sie nicht nothwendig aus der Richtung, da sie ein solches ebenso rasch oder so langsam durchsägen als es anschwillt. Ziemlich spät erst vereinigten sich Ohio und Mississippi, die einst getrennt in den Golf mündeten.

Sehr schwierig lassen sich die Verhältnisse entwickeln, mit denen in Südamerika sich der Uebergang von der Kreide zum Tertiär vollzog, ja schon die ganze Zeit der oberen Kreide ist schwer zu entziffern. Resumiren wir. Die Westküste entlang, von Patagonien an bis Columbien werden die gewaltigen Ketten der Anden von Gesteinen der unteren und mittleren Kreide begleitet, die oft in erstaunlicher Höhe auftreten. Mit dem Gault, höchstens mit Cenoman, schliesst die Serie im Allgemeinen ab; eingelagerte Kohlenflötze deuten auf die Nähe des Landes.

Andererseits ist Neocom nur von der Ostküste Patagoniens bekannt, wo u. a. Steinmann es zwischen S. Cruz und der Magelhaes-Strasse beobachtete. Das Vorkommen in Argentinien, an der Ostseite der Cordilleren, wo die Nebenflüsse des Rio Neuquen sich sammeln, vermittelt zu dem westlichen. Die alte Küste des Meeres schnitt über die jetzige patagonische Cordillere im Bogen herüber.

Wir wissen nun, dass obere Kreide auf der Halbinsel Brunswick auftritt, und wissen ferner, dass ihre höchsten Lagen den Untergrund der terrestrischen Eocänschichten bilden, die erst durch die rastlosen Bemühungen der jüngeren Geologen zur Würdigung gekommen sind, wir wissen aber nicht, wie das Verhältniss beider zu einander ist. Die Faltung der Anden

mag schon in der Mitte der Kreidezeit begonnen haben; dann stiessen die vom atlantischen Meere her transgredirenden Wogen auf ein Hinderniss an der Westküste, wie umgekehrt das pacifische untere Kreidemeer gegen ein östliches Festland brandete und erst durch die Aufrichtung der Anden weiter westwärts gedrängt wurde. Viele gewichtige palaeontologische und zoogeographische Daten sprechen für die alte Anlage der Anden, durch welche Chile und Patagonien geschieden wurden. Die Aufrichtung der Anden hat aber bis in die neueste Zeit fortgedauert, dafür hat Ochsenius schlagende Beweise beigebracht. Die Verhältnisse sind also zur Zeit der oberen Kreide ausgewechselt; Festland im Westen, Meer im Osten. Die Ausdehnung dieses Meeres lässt sich weder räumlich noch zeitlich genau angeben, auch ist die Existenz grösserer zusammenhängender Inseln innerhalb dieses Oceans wahrscheinlich.

Die Kreide schliesst in Südamerika mit dem Guaranien, einer nach oben in das Tertiär unmittelbar übergehenden Bildung, die auf weite Erstreckung die terrestrischen und limnischen, selten durch Einbruch des Meeres geschiedenen Schichten der so lange verkannten Pampasformation unterlagert. Doering und Ameghino theilen diese Uebergangsschichten, zu denen wohl auch die als echte Kreide beschriebene Bildung von Maria Farinhas in Pernambuco gehört, in folgende Untergruppen:

Untere guaranitische Formation Mittlere guaranitische Formation	marine obere Kreide
Pehuenche-Schichten (obere guaranitische Formation) mit Säugethieren und Dinosauriern Subpatagonische Formation (mit Baculites)	Paleocän

(Einbruch des Meeres über Patagonien, Argentinien bis Chile.)

Als unerschöpfliche Lagerstätte alterthümlicher Säugethiere, die durch Ameghino's rastlose Bemühungen endlich nach uud nach der Wissenschaft zugänglich werden, haben sie die Augen der wissenschaftlichen Welt auf sich gezogen. Manches Räthsel der zoogeographischen Vertheilung der Thiere findet wahrscheinlich hier seine Lösung. Wir lernen sicherer erkennen, welche Typen in dem südamerikanischen Boden ihre Heimath haben, welche als eingewandert aufzufassen sind, wir finden später diese Südamerikaner als Wanderer weit versprengt von der Heimath in jüngeren Formationen Europas und Nordamerikas wieder auftauchen, und die Entzifferuug der Wanderzüge lehrt uns zugleich die Brücken kennen, die von Continent zu Continent sich spannten, wo jetzt endlose Wasserwüsten jeden Austausch unmöglich machen.

Die Vertheilung der Süsswassermollusken, Fische und Schildkröten

führten v. Ihering zu der Annahme, dass eine alte Insel im Norden des Amazonas existirte, durch eine breite Meeresbucht von den südlichen Provinzen (Insel Archiplata) getrennt, dass ferner zur mesozoischen Zeit auch in nordöstlicher Richtung über das ganze Festland ein Austausch der Süsswasserbewohner möglich war (Unio z. B.), welcher nach der Aufrichtung der Anden wegfiel. Die erst nach der mesozoischen Zeit in Südamerika erscheinenden Anodonten, Unioniden und Ampullarien fehlen daher in Chile und Peru, ebenso die Schildkröten und Fische Brasiliens und der Plata-Staaten.

In den meisten Punkten stimmt Ameghino, der sich wesentlich auf seine ausgezeichnete Kenntniss der fossilen Säugethiere stützt, mit v. Ihering überein; während aber v. Ihering die Verbindung mit Nordamerika vom Jura bis zur Pliocänzeit für aufgehoben hält, erscheint sie Ameghino zur Erklärung mehrerer Thatsachen wenigstens zeitweilig erforderlich.

Wir wollen seine Ansicht nur kurz skizziren.

Chile und Patagonien waren lange Zeit mit Neuseeland und Australien zu einem antarctischen Continente verbunden, auf dem die ältesten Beutelthiere, die Plagiaulaciden, sich verbreiteten. Abweichend von mehreren anderen Specialisten hält Ameghino diese nicht für Cloakenthiere oder Monotremen, sondern für echte Beutler, deren Verwandte noch heute in der australischen Region leben. Ihre Ausbreitung hatte zu Ende der Kreidezeit schon ihre Höhe erlangt und sie scheinen auf einer Landbrücke von Süd- nach Nordamerika gelangt zu sein, deren auch die grossen Dinosaurier bedurften, die sowohl in den Laramie- wie in den Uebergangsschichten Südamerikas sich finden, in den terrestrischen und subaërischen Bildungen von Mittelpatagonien, am Rio Negro, Rio Neuquen, in Corrientes und in Paraguay. Seit der Secundärzeit waren die Anden als Barrière vorhanden, die zwar ihre grösste Höhe erst im Tertiär erreichte, aber doch hoch genug war, dass sie der Wanderung der bepanzerten Edentaten, der Characterthiere der Pampasformation, ein unübersteigliches Hinderniss entgegensetzte. Weder Glyptodonten noch Dasypodiden, die im Osten seit der Laramiezeit verbreitet waren, sind jemals in Chile gefunden. Die westlichen marinen Schichten des Jura und der Kreide verrathen zudem, wie ja auch von uns betont wurde, die Nähe einer Küste. So existirte denn von der Kreide an eine Landmasse, deren Rückgrat, die Anden, auch bei gelegentlichen Einbrüchen des Meeres als langgestreckter Continent erhalten blieb und von Magellanes an bis nach Colombia hineinreichte. Die Verbindung mit Nordamerika zur oberen Kreidezeit wurde im Tertiär unterbrochen, aber zu Ende des Miocän

wieder hergestellt, wie wir bei der Betrachtung der Tertiärfaunen sehen werden.

Was nun die Verbindung mit Afrika betrifft, so sprechen geologische Gründe dafür, eine Unterbrechung zur Gaultzeit anzunehmen; sie löste sich wohl in eine Reihe von Inseln auf, die zeitweilig wieder Zusammenhang gewannen und die Wanderungen der Nagethiere u. a. ermöglichten.[1]) Ameghino erschliesst aus seinen Studien, dass einige der eocänen Thierformen Patagoniens etwa zur Mitte des Oligocäns in Europa angelangt waren. Einen ähnlichen Weg, der sich nur durch die Hülfe einer Küste oder Inselreihe erklärt, legten nach Suess die Korallen der miocänen Mediterranstufe zurück, die auf Antigua wiedergefunden werden.

In diese Gegenden fällt auch die Berührung zwischen ost- und westatlantischer Fischfauna. Das westindische und das Mittelmeer haben eine grosse Anzahl gemeinsamer Formen, während die Fischfaunen um so schärfer divergiren, je weiter man an der amerikanischen und europäischen Küste nach Norden geht.

Ohne über die Gestalt der Brücken ein bestimmtes Urtheil abzugeben, erscheint auch mir wahrscheinlich, dass zu Zeiten eine Verbindung der antarctischen Landmassen einen Austausch der Bevölkerung ermöglichten, dass eine Brücke oder ein Isthmus aus der Breite von Bahia nach Nordafrika reichte, aber von der mittleren Kreide an allmählich aufgelöst wurde, und dass die während der unteren Kreidezeit entschieden getrennten amerikanischen Continente gegen Ende des Senons durch den allgemeinen Rückgang des Meeres und durch die energische, schon zur mittleren Kreidezeit eingeleitete Faltung der pacifischen Küsten in Verbindung traten, dass aber das Eocänmeer diese Verbindung wieder durchbrach.

1) Die Südamerika und Afrika gemeinsamen Süsswasserfische (Characiniden) sind geologisch alte Formen, können aber auch von Insel zu Insel verschleppt sein.

Elftes Capitel.

Das Tertiär-System.

A. Die Vertheilung von Land und Wasser.

Nicht so schroff, wie man früher glaubte, ist die tertiäre Aera von der vorausgehenden geschieden, aber deutlich tritt heraus, dass mit der Kreide die eigentliche Vergangenheit versinkt und nunmehr mit marcanten, kräftigen Zügen das Bild der Gegenwart angelegt wird. Mit einzelnen Fäden spinnt sich die Kreidezeit in das Tertiär fort, breit wie ein Strom öffnet sich dieses in die Gegenwart. Mit Recht wird die Abtrennung von der mesozoischen oder secundären Formationsreihe festgehalten. Die brackischen und limnischen Ablagerungen, welche theils die Kreide nach oben abschliessen, theils anscheinend mehr als Basis des Tertiärs auftreten, müssen in gleicher Weise beurtheilt werden wie die analogen Gebilde an den Küstensäumen der zurückweichenden Jurameere; hier und dort enthalten sie ein nachzögerndes Thierleben der Kreidezeit, welches allmählich in diesen Binnengewässern oder an ihren Ufern seinen Ablauf findet; zuweilen durchströmt ein frischerer Pulsschlag die Lagunen, wenn vorübergehend das offene Meer zu ihnen einen Weg findet, wie der Calcaire de Mons lehrt, aber im Ganzen bilden sie eine neutrale Schicht, welche durch ihre vom Lande beeinflusste Eigenart die Perioden mariner Sedimentniederschläge, die sie zeitlich verbinden, faunistisch nur um so schärfer trennen.

Die Veränderung fällt selbst da auf, wo wie in der libyschen Wüste marines Tertiär scheinbar lückenlos sich dem marinen obersten Senon anschliesst; die eocäne Fauna mit ihren Nummuliten und Operculinen ist nicht das Kind der früheren senonen. Das Meer stand ununterbrochen in diesen Gegenden, aber das Thierleben wechselte. Senkungen und Hebungen des Meeresbodens, welche den alten Bewohnern unerträgliche Bedingungen schufen, die wieder andere zum Einwandern lockten, zur Erklärung heranzuziehen, liegt nahe, auch haben wir bestimmte Anzeichen, dass während der Tertiärzeit im eigensten Gebiete des Mittelmeeres Bodensenkungen sich ereignet

haben, die zum Theil später wieder ausgeglichen wurden. J. Murray, der Erforscher der Tiefseegründe, hat dem Tertiär auf Malta eine interessante Studie gewidmet. Die Schichten sind ausserordentlich regelmässig gelagert und sind durch keine Hebung während der ganzen Dauer des Zeitabschnittes, in den ihre Bildung fällt, jemals ganz dem Meere entrückt gewesen. Die obersten und die untersten Lagen sind Kalke, die fast ausschliesslich durch die absondernde Thätigkeit der zu den Algen gehörenden Nulliporen gebildet sind; man kann mit Sicherheit behaupten, dass es Seichtwasserbildungen sind, die in höchstens 50 Faden Tiefen abgesetzt wurden; auch die in ihnen gefundenen Echiniden bestätigen dies. Sie werden von Zwischenschichten getrennt, unter denen sich besonders ein für Bauten sehr geschätzter Kalk auszeichnet; dieser besteht zum weitaus grössten Theile aus Globigerinen, und theilt mit dem Globigerinenschlamm der abyssischen Meerestiefen auch die Häufigkeit von Phosphatknollen und phosphatisirten Haifischzähnen. Murray schlägt die Tiefe, in der dieser Globigerinenkalk gebildet ist, auf mindestens 300—1000 Faden an. Dass diese erhebliche Senkung des Meeresbodens das litorale Thierleben förmlich verdrängte, ist begreiflich. Es stellte sich sofort wieder ein, nachdem das frühere Tiefenverhältniss wieder hergestellt worden war.

Durch derartige Bewegungen, welche nur durch Vorgänge in der Erdrinde, nicht aber durch ein von der Erdveste unabhängiges Schwanken des Meeres zu erklären sind, wurden jene Transgressionen der Faunen hervorgerufen, denen wir so oft in der Erdgeschichte begegnen und welche sehr leicht zu einer irrthümlichen Altersschätzung verleiten können.

Das alttertiäre Meeresleben muthet uns nicht mehr fremdartig an; die folgenden Wandlungen beschränken sich fast auf die Metamorphose der Arten. Wenn trotzdem die zahlreichen Unterstufen des Tertiärs sich deutlich von einander abheben, so liegt das zum grossen Theil in immer neuen Mischungen der faunistischen Elemente, die theils von den Verschiebungen der Meeresprovinzen, theils von klimatischen Aenderungen bedingt sind. Geschlechter, die heute die tropischen Küstengewässer bevölkern, wie die herrlich gefärbten Kegelschnecken, lebten zahlreich in mitteleuropäischen Gewässern und wurden nach und nach zum Auswandern gezwungen. Ueberall treten uns, eng mit einander verknüpft, die Einflüsse tectonischer Bewegungen und des Klimawechsels entgegen.

In weiten Gebieten, besonders in der Region des centralen Mittelmeeres schliessen sich die Tertiärschichten der Kreide an, in anderen liegen sie den Hohlformen der älteren Gesteine eingelagert und verrathen locale Ueber-

griffe des Tertiärmeeres. Im Allgemeinen verlor das Meer an Umfang, Verbindungsbrücken der Länder hoben sich heraus, die vorher unpassirbar für landbewohnende Thiere waren, und es begann jene grossartige Circulation der Faunen und Floren, die allmählich den gegenwärtigen Zustand entstehen lässt.

Die in jenen randlichen Becken und Ausbuchtungen des Tertiärmeeres abgelagerten Schichten sind die ältesten; unter wechselnden Oscillationen sank der Meeresspiegel mehr und mehr, und selbst der Boden des grossen Mittelmeeres entblösste sich im Norden und Süden. Dies ward der Schauplatz jener kraftvollen Zusammenschübe, welche von Nordafrika und Spanien an bis weit nach dem südöstlichen Asien alpine Kettengebirge emportrieben, in denen die Nummulitenkalke des Tertiärs und noch weit jüngerer Sedimente um Tausende von Metern gehoben wurden, während in den nördlichen Becken von Frankreich, England und Norddeutschland die Lagerung im Vergleich hierzu kaum gestört erscheint.

Das Tertiär ist eine Periode intensivster Gebirgsbildung, wie sie seit dem Carbon nicht eingetreten ist, und jedenfalls diejenige, welche das gegenwärtige Relief am meisten beeinflusst hat, da die älteren Gebirge durch die Denudation meist zu Hügellandschaften oder Rumpfgebirgen heruntergearbeitet, einige durch die landeindringenden Meereswellen ganz abgeschliffen uud unter geschichteten Absätzen wieder begraben siud.

Nicht weniger tritt die Thätigkeit des Vulcanismus hervor; sie überragt weit die Ergüsse der Jura- und Kreidezeit, und wenn auch das Vorkommen cretaceischer Trachyte und Basalte zweifellos ist, so ändert das doch nichts an der Thatsache, dass diese nebst den verwandten Phonolithen, Lipariten und Andesiten die characteristischen Ergusssteine der Tertiärzeit sind. Wo immer Spaltenbildung die Tektonik der Erdrinde auszeichnet, drängten sich ihre Massen empor; bald finden wir sie als Kuppen oder als Kegel, die durch die Verwitterung der weicheren Sedimente aus der Erde herausgenagt sind, bald in Kraterform, deren Ringwall dann wohl einen kleinen See umschliesst, bald zu flachen Decken ausgebreitet, oft in Wechsellagerung mit den Niederschlägen des Meeres, auf dessen Boden sie sich verbreiteten. Besonders sind die Tuffe mit den Sedimenten in inniger Beziehung, und umschliessen wie diese nicht selten eine Fülle mariner Muschelreste, so bei Roca im Vicentinischen. Die gewaltigsten Basaltdecken hat Ostindien, wo sie mehr als 300 000 □ km der Oberfläche einnehmen; auch im Felsengebirge und in Californien ist die Menge des eruptiven Materials, das hier bei der Gebirgsbildung verarbeitet ist, ungeheuer. Bilder kleineren Mass-

stabes, aber ebenso characteristisch, gewinnen wir im hessischen Berglande, dessen Buntsandsteindecken zur Tertiärzeit von zahlreichen Spalteu zerschnitten wurden, in denen die basaltischen Massen des Vogelsgebirges, der Rhön und anderer Mittelgehirge hervorquollen. Die Braunkohlenlager, welche hier angehäuft sind, wurden dabei nicht selten „veredelt“, d. h. in Cokes ähnlichen Brennstoff verwandelt und stenglig oder prismatisch abgesondert, die begleitenden Thone zu Band- und Porcellanjaspis gebrannt. Suturbrand nennt man die umgeänderten Braunkohlen in Island, deren Bildung mehrfach durch Basaltergüsse abgeschnitten wurde und sich auf dem gebildeten Basaltgrunde von Neuem entwickelte. Selbst werthvolle Erzlagerstätten sind unter dem Einflusse dieser tertiären Eruptionen entstanden, unter ihnen wahrscheinlich die berühmteste von allen, die Comstock Mine in Colorado.

Die enge Beziehung des Tertiärs zur Gegenwart zeigt sich in der Gleichheit des vulcanischen Materiales mit den Aschen, Lapilli, Tuffen und Lavaströmen der thätigen Krater. In einigen Fällen reicht die Thätigkeit tertiärer Vulcane bis an die Schwelle der Gegenwart, selten allerdings ist diese überschritten, wie in der Eifel, deren Eruptivmassen zwar nicht, wie zuweileu behauptet ist, Denkmäler der römischen Zeit in Schutt begraben haben, aber doch in die praehistorische Zeit hineinragen.

Ganz analog stellen sich die nicht vulcanischen Gesteine dar. Lockere Kalksteine, wie sie an den Meeresküsten fortwährend entstehen, Thone, Sande und Sandsteine, dann die Flussanschwemmungen der Deltagegenden, selbst Lehme und lössartige Zusammenhäufungen auf Plateaus und in Niederuugeu — meist Absätze und Gebilde, die wir noch heute vor unseren Augeu entstehen sehen können. Kurz und gut, das Tertiär verkündigt die Gegenwart, und diese unsere Zeit ist eigentlich nur die letzte Phase des Tertiärs. Ein fesselndes Bild entrollte sich. Wo das Meer zurückwich und Inselgruppen zu Festländern verwuchsen, blühte üppig das Pflanzenleben empor; die prachtvollsten Gestalten der Laubbäume, schlanke Palmen und zierliche Gebüsche von Gewürzsträuchern umrahmten die Seen. Aus den Mitten der grossen, uralten Continente ergossen sich Wanderströme von Landthieren nach allen Seiten, und in dem Getriebe der wechselnden Arten erwuchsen die Faunen der Gegenwart, sonderten sich die grossen zoogeographischen Provinzen, wie sich auch die Vegetations- und die klimatischen Zonen sonderten. Lang gestreckte Faltengebirge wölbten sich heraus und zogen Barrieren quer durch Gebiete, welche seit dem Rückzuge des Oceans offene Länder waren. Ein Riesengürtel spannte sich vom Atlas bis zum Himalaya, ein nicht minder stolzer Wall folgte dem Rande des stillen Oceans von Canada bis Staten-

Island. Spalten zerklüfteten die Oberfläche in anderen Gegenden, die Schollen neigten und senkten sich und vulcanische Ausbrüche fanden statt von einer Heftigkeit, wie sie seit langen geologischen Perioden die Erde nicht gesehen hatte. Man gedenkt unwillkürlich der Katastrophentheorie Cuvier's, jedoch in der Grösse der geologischen Zeiträume zertheilen sich diese Vorgänge. Dennoch sind Intensität der Gebirgsbildung und der vulcanischen Thätigkeit ein Zug, welcher dem Tertiär einen eigenen Character verleibt; nichts kann auf der Erde geschehen, was sich nicht mit anderem verkettet, und es ist nicht zu bezweifeln, dass die Rückschläge dieser Vorgänge sich auch im organischen Leben wie in der Vertheilung der Klimate geltend machen, wenn es auch noch nicht gelungen ist, die Wechselwirkung zu analysiren. Gegen das Ende der Tertiärzeit trat eine gewisse Ruhe ein. Die vulcanischen Ausbrüche waren eingeschränkt, die Hebung der Gebirge abgeschlossen, das Klima dem heutigen ähnlich, als auf der Schwelle der Gegenwart der vielfach zerstörende, auf der ganzen Erde nachhaltig empfundene Einfluss der Eiszeit die Entwickelung der Organismen nochmals aus dem Geleise drängte, und nicht allein für die Vertheilung von Thier und Pflanzen, sondern auch für die Geschichte des Menschengeschlechtes bestimmend wurde.

Auf einige der herausgehobenen Punkte muss etwas näher eingegangen werden. Wir haben versucht, die geologischen Perioden aus der Vertheilung von Land und Wasser heraus zu characterisiren. Für das Tertiär ist nicht so sehr eine bestimmte Lage des Meeres von Wichtigkeit, als das Schwanken der Küstenlinien, das sich durch die ganze Zeit hindurch zieht. Mehr und mehr präcisiren sich die Umrisse der jetzigen Festländer, und trotz localer Transgressionen darf man im Ganzen annehmen, dass gegen die Verhältnisse zur cretaceischen Zeit das Meer an Umfang beständig verlor. Aus verschiedenen Gründen ist es nicht unwahrscheinlich, dass dieser Vorgang zum Theil durch eine Ueberfluthung der antarctischen Landmassen compensirt wurde; ausserdem aber scheint eine Vertiefung der Meere stattgefunden zu haben, welche die sich gleichbleibende Wassermasse gleichsam vom Lande absog. Der Untergang der Brücken zwischen Südamerika und Afrika, die Auflösung der indomadagassischen Halbinsel deuten derartige Senkungen oceanischer Becken an.

Zunächst beschäftigt uns die Theilung der grossen Tertiärzeit in ihre einzelnen Abschnitte, dann müssen wir einige characteristische Tertiärgebiete der Erde aufsuchen, um die verschiedenen Eindrücke, welche diese Zeit den Ländern eingeprägt hat, übersehen zu können.

Die alte Lyell'sche Theilung des Tertiärs in Eocän, Miocän und Pliocän, denen Beyrich noch das Oligocän zugesellte, um die zu weit gefassten Abtheilungen des Eocäns und Miocäns mehr zu befestigen und dem geologischen selbständigen Auftreten dieser zweitältesten Phase des Tertiärs gerecht zu werden, ist diejenige, an der wir festzuhalten haben. Eine weitergehende Eintheilung kann für bestimmte Meeresprovinzen Werth und innere Begründung haben, lässt sich aber nicht auf die Gesammtheit der Tertiärbildungen anwenden und wird auch dadurch nicht motivirt, dass man den einzelnen Stufen die Bedeutung eines Cyclus der Sedimentbildung zuschreibt. Eine einfache Erwägung lehrt, dass beim Vordringen des Meeres über einen in Senkung begriffenen Festlandstheil dieselbe Stelle des Landes allmählich in grössere Tiefen und zugleich in grössere Entfernung von dem vorschreitenden Strande geräth. Solange Strand und Brandung noch in der Nähe sind, empfängt sie grobe Gerölle als Sediment, dann wird nur noch Sand bis hierher gefluthet werden und schliesslich sich nur feiner Thonschlamm niederschlagen. Hebt sich das Land, so nähert sich auch der Strand wieder, und der Thonboden wird überhäuft mit Sand und endlich mit Geröllen; damit ist der Cyclus der Sedimentation geschlossen. Dass derartige Vorgänge sich in der Natur wirklich zutragen, wird Niemand leugnen, und grade die Tertiärablagerungen verrathen deutlich in der Folge der Gesteine die wiederholten Hebungen und Senkungen des Strandes. Diesen Cyclen aber eine regelmässige Periodicität zuzuschreiben, liegt kein Beweismaterial vor, und es wäre geradezu verfehlt, für die Abgrenzung der Formationen nach solchen Momenten zu suchen. Der Character der Sedimente kann erstlich täuschen. Bei steilabsinkenden Küsten mögen Gerölle bis in abyssische Tiefen gelangt sein, und Thonschlamm wird unter Umständen sich nahe am Strande ablagern; die Beweiskraft des Schlusses aus der Gesteinsbeschaffenheit auf die Bedingungen der Entstehung wird dadurch stark abgeschwächt. Zweitens müssen die Cyclen ihrer Natur nach zu gleicher Zeit in verschiedenen Gegenden ganz verschieden, zum Theil entgegengesetzt auftreten, denn dem Vordringen des Meeres an der einen Stelle entspricht nothwendig ein Rückzug oder eine Tiefenverringerung an einer anderen. Die Formationen verschiedener Länder würden überhaupt nicht mehr in parallele Stellung, sondern gleichsam in Quincunxstellung gerathen.

Das palaeontologische Princip, das Lyell bei seiner Eintheilung des Tertiärs so glücklich herausgekehrt hat, ist die Grundlage geologischer Zeitrechnung. Trotz des Einflusses, den äussere Veränderungen (in dem „monde ambiant“ Lamarck's) ausüben, vollzieht sich die Metamorphose der Faunen

mehr endogen, proportional der aufgebrauchten Zeit. Vielleicht haben wir in der Erneuerung des Lebensprocesses selbst den Hauptfactor für das Eintreten neuer, die Aenderung alter Eigenschaften, sodass die Vererbung keine unbedingte ist, sondern nothwendig allmählich vom Urbild entfernt, und dass nur die Richtung und die Intensität von der Umgebung abhängt.

Wie dem auch sei, so zeichnen sich auf der ganzen Erde die eocänen Schichten durch 3—4 Procent lebende Arten, die mioänen durch 17 bis 20 Procent, die pliocänen durch 85—90 Procent aus, wobei die Berechnung stets auf das nächste Meer bezogen wird, also auf sehr verschiedene Faunen. Local können diese Verhältnisse getrübt werden, wenn z. B. die Barrièren zwischen zwei Meeren gefallen sind und durch die Einwanderung fremdartiger Elemente die Umänderung der Fauna so stark erscheint, wie man sie nur nach Ablauf langer Zeiträume erwarten sollte.

Im Beginn der Tertiärzeit stellte sich das grosse Mittelmeer wieder her, welches in der letzten Phase der Kreide vielfach zurückgesunken war. Es überschwemmte das südliche Europa, die Gegenden der garumnischen und liburnischen Lagunen und Seen, drang weit nach Frankreich hinein und begegnete den Fluthen des atlantischen Meeres. Das Meer umspülte im Westen die Antillen, im Osten die Philippinen und Sundainseln und Nordafrika und das süd-westliche Asien lagen unter seinem Spiegel begraben. Arabien bildete einen Theil Afrikas, Ostindien eine grosse Insel. Die alten Rumpfgebirge ragten hier und dort heraus, die Anfänge der jüngeren Faltengebirge erhoben sich als langgezogene Rücken. Sie trennten auch die nördlich gelegenen Theile, besonders die mitteleuropäische Provinz, von dem Süden.

Die Verbindungen waren noch breit und offen; trotzdem markirt sich ein Unterschied der Faunen, der wohl ebenso auf klimatischen Gründen beruht, wie zur Kreidezeit. Damals waren die Rudisten die Characterthiere des Mittelmeeres. Diese sind ausgestorben; an ihrer Stelle finden wir grosse Foraminiferen, die Nummuliten, deren Gehäuse, in erstaunlichen Massen angehäuft, eine Kalkzone in der ganzen Ausdehnung des Mittelmeeres geschaffen haben. In den Kettengebirgen sind die Nummulitenkalke durch spättertiäre Faltung in kühnen Biegungen zusammengestaucht und gehoben. Korallenriffe umsäumten die Inseln des Mittelmeeres und ihre Bauten zogen sich bis nach dem westindischen Inselbogen hin, ein Beweis, dass Afrika und Brasilien oder Mittelamerika durch eine Reihe von Inseln verbunden waren, die den wandernden Korallen Ruhepunkte gewährten. In der Nähe des alpinen Inselbogens entstanden die merk-

würdigen Gesteine, welche nach einem in der Schweiz gebräuchlichen Ausdrucke als Flysch bezeichnet werden. Sandige und thonige Massen sind hier in das Meer hinausgefluthet, in der Schweiz seit dem Eocän und Oligocän, in der Nähe der Karpathen schon während der jüngeren Kreidezeit. Es ist schwer, tertiäre und cretaceische Flyschbildungen getrennt zu halten, da Versteinerungsarmuth geradezu eine Eigenart dieser Gebilde ist; Millionen von Würmern lebten in den seichten Küstengewässern und zogen ihre Furchen und Röhren durch den Schlamm. Die Mollusken scheinen diese Zone gemieden zu haben. Fast gleiche Spuren haben die Würmer in vielen Formationen hinterlassen. Im unteren und im oberen Lias sind sie besonders häufig anzutreffen, stets in Sedimenten von ähnlich schlammigem Character. Das Schleimhäutchen, welches sie beim Kriechen zurücklassen, ist in eine kohlige Substanz verwandelt und dies zusammen mit den Verzweigungen der Röhren, die mit der vom Verdauungssystem verarbeiteten Erde ausgefüllt wurden, lässt die weitverbreitete Ansicht, dass man es mit Algen, Meerestangen, den sog. „Flyschalgen" zu thun habe, erklärlich erscheinen. Nathorst, der gründlich unter den problematischen Pflanzenresten Musterung gehalten hat, wies auch hier den richtigen Weg zur Deutung. Als gegen Ende der Eocänzeit die Flyschbildung auch in der Schweiz begann, starben hier die Nummuliten aus; die oligocänen Flyschschiefer von Glarus enthalten weder Nummuliten noch Mollusken, aber eine grosse Menge von Fischen, vereinzelte Reste von Landthieren. Diese Schichten mögen in einer besonders stillen Bucht gebildet sein, die von Fischen gern, vielleicht zum Zwecke des Laichens, besucht wurde.

Im Faltungsprocess der Alpen sind die Schichten gestaucht, geknetet und geschiefert. Die Schieferungsflächen sind nicht die Flächen der alten Schichtung, sondern senkrecht zu der Richtung des herrschenden Druckes neu angelegt. An manchen Stellen durchschneiden sie daher die Schichtungsflächen (die wieder vernichtet sind) unter steilem Winkel, an andern fallen sie fast mit ihnen zusammen, je nach der Stellung der grossen Gebirgsfalten. Dort wird man auf den Schieferungsflächen nur die Querschnitte von Fischen finden, hier die ganzen Körper, aber stark deformirt und je nachdem das Gestein gestreckt oder gestaucht ist, unnatürlich verlängert oder verkürzt. Ehe man das erkannt hatte, sind viele überflüssige Arten gemacht.

Die Bedeutung der Flyschzone ist noch nicht sicher ergründet. Keinenfalls hat man es mit Tiefseesedimenten zu thun, sondern viel eher mit einer raschen Sedimentbildung in seichten Gewässern, in Zusammenhang mit

dauernden Hebungen benachbarter Länder. Wo im Osten die petrographischen Charactere des Flysches schon in der Kreide sich einstellen, muss die Hebung begonnen und sich nach und nach gegen Westen fortgepflanzt haben. Nicht selten findet man grössere Gerölle im Flysch, von Gesteinsarten, die gegenwärtig in jenen Gegenden nirgends gefunden werden. Es ist der Gedanke geäussert, dass sie durch Treibeis hingebracht sein möchten; auch die verarmte Fauna ist auf starke Abkühlung zurückgeführt. Indessen ist sonst gerade die jüngere Eocän- und die Oligocänzeit eher durch eine Steigerung der Temperatur gegenüber dem Alteocän ausgezeichnet, als umgekehrt durch ein Sinken der Temperatur, und ganz locale Verhältnisse könnten die Verbreitung des Gebildes nicht erklären, das fast im ganzen Gebiet des centralen Mittelmeeres und selbst in pacifischen Regionen vorkommt. Vielleicht ist es besser mit der beginnenden Bildung der grossen Faltengebirge in Zusammenhang zu bringen, welche nicht allein die Transport- und Erosionsfähigkeit der Flüsse steigerte, sondern auch ihre Netze weiter ausdehnte und die Masse des terrestrischen Detritus vervielfachte.

Ausserhalb des grossen Mittelmeergebietes stand das alttertiäre Meer noch in Südaustralien, bedeckte einen schmalen Saum der pacifischen Küste Südamerikas, der durch die Anlage der Anden schon vom Körper des Continents geschieden war, und verharrte noch im Küstengebiet Californiens. Der Golf von Mexiko ist umrandet von Meeresabsätzen, die sich bis zur Mündung des Ohio in den Mississippi nach Norden erstrecken und auch östlich der Appalachen die atlantischen Regionen bis Virginien hinauf bedecken. Die Antillen lagen nur zum Theil unter dem Wasserspiegel, aber die Verbindung zwischen den beiden Amerikas war wieder unterbrochen. Die Dinosaurier müssen die Landbrücke noch benutzt haben; ähnliche Arten treten im Innern Nordamerikas und in Patagonien auf, aber ebenso liegen Anzeichen vor, dass im Eocän und auch im Oligocän eine Meeresstrasse offen war. Das atlantische Meer drang in die Niederungen Südamerikas nur selten, aber dann mit breiten flachen Buchten ein.

Der grösste Theil Südamerikas bis zum Amazonas herauf war seit dem Ende der Secundärzeit Festland und Tertiär wie Quartär sind vorwiegend durch solche Ablagerungen repräsentirt, wie sie auf diesem durch die vereinigte Thätigkeit des Windes, des atmosphärischen Wassers und der Flüsse sich bilden können. Unter der oft nur geringen Humusdecke und den alluvialen Anschwemmungen überzieht ein zusammenhängender Mantel lössartiger Gesteine Argentinien und Uruguay, und wo fossile Reste jener gigantischen und jeder Phantasie spottenden Edentaten, die schon Darwin's Forschungs-

geist bewegten, sich in Paraguay, der Banda Oriental, Chile, Bolivia, Peru oder Brasilien gefunden haben, ist es immer dieselbe Pampasformation, die zu Tage tritt. Der classische Boden der Pampas bleibt Argentinien; verdiente Gelehrte haben hier für Erforschung des noch immer so wenig verstandenen Gebildes gearbeitet und die kostbarsten Schätze von Wirbelthierresten aufgespeichert. Eine eingehende und lebenswahre Schilderung verdanken wir in der letzten Zeit dem Schweizer Sammler und Forscher Santiago Roth; aus seinen Aufzeichnungen heben wir fast unverändert einige characteristische Sätze heraus, die sich leicht zu einem Ganzen verbinden lassen.

Die Pampas bilden ein Flachland, welches im Ganzen die gleiche Neigung hat wie die Flüsse, welche es durchziehen. So erhebt sich in der Nähe von Santa Fé eine gleich mächtige Lössschicht über dem Wasserniveau des Parana wie bei Buenos Aires, obwohl der Wasserspiegel bei Santa Fé etwa 30 m höher liegt. In der ganzen Fläche befindet sich mit Ausnahme der Sierren de la Ventana und de Tandil keine Erhöhung des Terrains, die für einen Hügel angesehen werden könnte. Wohl ist das Land in vielen Gegenden wellenförmig, doch erreicht keine dieser Erhöhungen 20 m. Nur den grösseren Flüssen entlang ziehen Barrancas (hier in dem Sinne eines Terrassen-Absturzes gebraucht), die über 20 m hoch sind; es sind dies aber nicht sowohl Erhöhungen des Terrains, als vielmehr Abhänge, um deren Höhe das Flussbett tiefer ist. Die bedeutendste Barranca zieht sich am Paraná entlang, aber auch fast jeder Arroyo (Bach) hat sich so tief eingefressen, dass er zu beiden Seiten von oft mehreren Meter hohen Wänden begleitet wird. Hierhin lenkt sich das Augenmerk des Geologen, denn nur am Fusse der Barrancas ist es möglich, über den tiefern Untergrund des Landes, dessen Bahn oft so hart wie eine Tennenpflasterung ist, Belehrung zu erhalten.

Unter einer humusreichen Ackererde beginnt sofort und durch Übergänge mit der Humusschicht verknüpft der sog. Löss, ein hellgelbes, feinerdiges bis staubiges Gestein, das vom europäischen Löss recht abweicht. Im reinen Pampaslöss sind keine Sandkörner wahrzunehmen, doch wechselt naturgemäss der Sandgehalt nach Localitäten, und oft schalten sich Lagen reinen Sandes ein. Die oberen Lagen sind kalkarm, locker, und zerfallen in trockenem Zustand beim Graben zu Staub. Das Wasser wird wie von einem Schwamm aufgesogen, und kurze Zeit nachher ist die Oberfläche wieder trocken, ohne aber jemals Risse zu zeigen. Die tieferen Lagen, die man beim Graben allmählich erreicht und auch am Wechsel der Fossilien erkennen kann, sind braun und rothbraun, viel compacter, und fühlen sich rauher an, was von sehr harten, kleinen Zusammenballungen des Staubes herrührt. In

Lagunen und Arroyos, wo dieser Löss die Grundlage bildet, kann der schwerste Wagen wie auf einem Steinpflaster darüber wegfahren und selbst bei Durchgängen der Arroyos entsteht nie Strassenkoth. Ein durch eine solche Lössschicht gegrabener Tunnel braucht nicht ausgemauert zu werden. Die unterste an den Barrancas beobachtete Lössschicht ist die härteste und compacteste, und völlig rothbraun. Die ganze Lössformation ist mit Lösskindeln, Toscas, übersäet und durchzogen, die oft sehr eigenartige Gestalten zeigen und manchmal grosse Felsstücke bilden. Sehr eigenthümlich sind die Salpeter-Ausblühungen, die zuweilen nach einem Regen wie eine leichte Schneedecke über dem Löss liegen. Es wäre nicht gerechtfertigt, die Salinas der Pampas als Zeugen ehemaliger Meerbedeckung anzurufen und noch weniger gerechtfertigt wäre eine Exemplification auf die marine Entstehung des Pampasbodens. Ihre Quelle liegt hoch oben im Gebirge der Anden, wo die Denudation sich den Weg zu den Abraumsalzen der dort lagernden Salzstöcke gebahnt und sie verflüssigt hat, sodass sie sich allmählich in die tieferen Horizonte verlaufen mussten.

Die eigentlichen Lössschichten sind aeolischer Entstehung; die Stürme trieben das lockere Material zusammen, und besonders von den Dünen (Medanos) der Küste fegten sie den Sand über die weite Ebene hin, wo er vom Regenwasser und vom Winde hin und her bewegt wurde, bis ihn die Vegetation festhielt und mit der Zeit in Löss verwandelte. In den eigentlichen Lössschichten sind Knochen vorweltlicher Thiere nicht häufig; die Knochen der auf der Humusdecke verendeten Thiere wurden unter der zerstörenden Einwirkung der Luft, des Regens und der Sonne rasch zersetzt und vernichtet. Von jeher wurden aber die Pampas von Arroyos durchzogen, schwachen, aber verhältnissmässig tief eingeschnittenen Wasserfäden, die sich häufig durch Ausfüllung ihrer Betten verloren; zuweilen wurden sie aufgestaut und bildeten Seen oder Lagunen, deren Vegetation die grossen Vierfüssler mit Vorliebe aufsuchten, in die sie sich auch hineinwagen konnten, weil der den Untergrund bildende harte Löss sie vor dem Versinken schützte. Thierreste, die in die Ablagerungen der Flüsse oder Sümpfe eingebettet wurden, welche die schützende Erdschicht rasch umschloss, sind meist gut erhalten.

Für die Beurtheilung des Alters der Pampasformation sind die Schichten, die sich in Entrerios, zwischen Paraná und Uruguay finden, von höchster Bedeutung. Hier lag ein flacher Meerbusen, in den unzählige Flüsse und ein Strom von der Grösse des La Plata gemündet haben und Deltagebilde erzeugten, in denen sich marine Muscheln neben den Resten von Landthieren finden. Bravard gab ein genaues Profil zweier in der Nähe der Stadt Paraná

liegender Stellen, welches den für Deltabildungen characteristischen, raschen Wechsel der petrographischen Beschaffenheit deutlich erkennen lässt. In der Pampasebene liessen die Flüsse ihr grobes Material zurück; nur sehr selten trifft man auf einzelne, stark abgerundete Rollsteinchen; in den Pampas lebten auch die Säugethiere, deren Reste durch die Bäche dahin gebracht sind, wo wir sie jetzt finden.

Dass die Entreriosformation tertiär sei, ist noch niemals geleugnet; man hielt sie aber für älter als die jenseits des Paraná nach Westen sich dehnende Pampasformation, weil sie von einer Lösslage noch überdeckt ist, die man dem Pampaslöss gleichzustellen gezwungen schien. Der faunistische Vergleich zwischen einer rein terrestrischen und einer zum Theil marinen Formation stösst naturgemäss auf die Schwierigkeit, dass ganz verschiedene Thiertypen zum Vergleich kommen. Dennoch haben unter den eingeschwemmten Landthieren in Entrerios die meisten den Typus derjenigen, die auch in der Pampasformation vorkommen (Megatherium, Mylodon, Lestodon, Scelidotherium, Glyptodon, Eutatus, Macrauchenia, Toxodon, Megamys u. A.) und wenn in Rios einige Säugethiere, vorherrschend Nager, gefunden worden sind, welche man bis jetzt in den Pampas noch nicht entdeckt hat, so ist damit noch nicht der Beweis geliefert, dass sie nicht auch vorkommen, denn fortwährend werden Thiere gefunden, die man früher nicht kannte.

Roth machte auch die wichtige Entdeckung, dass die unterste Schicht in Entrerios aus Löss besteht, von der Beschaffenheit des Lösses des unteren Pampeano. Dadurch ist die natürliche Beziehung der beiden Formationen geklärt; die Schichten von Entrerios markiren einen Einbruch des Meeres in das vom Pampeano inferior gebildete Festland, eine vorübergehende Oscillation, die durch den Löss des Pampeano superior auch ihre Grenze nach oben erhält. Es klärt sich aber auch die Stellung dieser ganzen so eigenartig entstandenen Schichten. Das marine Sediment, welches in Entrerios das terrestrische Pampeano intermedio vertritt, schliesst eine Conchylienfauna ein, die zwar bis jetzt keine Uebereinstimmung mit anderen chronologisch fixirten erkennen liess, aber nach der völligen Verschiedenheit von der Fauna des benachbarten atlantischen Oceanes (die schon Darwin betonte) sicherlich nicht jünger als Miocän genannt werden darf. Die mächtigsten Schichten des Pampeano inferior enthalten dann die tieferen Glieder der Tertiärscala, das Pampeano superior die höheren. Und continuirlich, wie die Bildung dieser Schichten vor sich gegangen ist, verläuft auch im Pampeano superior das Tertiär ins Quartär und knüpft an die Alluvionen und Humusbildungen des Jetzt an. Aber nur ein relativ unbedeutender und oberflächlicher Bruchtheil

der Pampasbildungen ist in der Zeit entstanden, die unserem Diluvium entspricht. Wenn wir in die Tiefe hinahsteigen, enthüllt sich eine ausgestorbene Thierwelt von so wunderharer Mannigfaltigkeit, dass die Veränderungen, die unsere diluviale Thierwelt vor der lebenden auszeichnet, uns unbedeutend vorkommen. Das sind Wandelungen, die um so mehr eine unendlich lange Zeit voraussetzen, als sie ohne äusseren Impuls sich zu vollziehen scheinen, nach inneren Gesetzen, welche bei gleichartiger faunistischer Association, gleichmässigen Lebensbedingungen fast nur in einer Häufung der Anpassungen, in einer Beschleunigung der nach einer bestimmten Richtung gedrängten Entwickelung zu beruhen scheinen, während in unsere diluviale Thierwelt ungewöhnliche geologische Ereignisse und grossartige Wanderungszüge fast revolutionär eingriffen. Die Ehenen der Pampas, welche von dem alten Rücken der Anden und einigen fast zerstörten Rumpfgebirgen sich his zum atlantischen Ocean abdachen, sind der uralte Nährhoden einer Fauna, die vom Eocän bis zur Gegenwart ihren Character nicht geändert, mehr gegeben wie empfangen hat, und am Mangel frischeren Pulsschlages, durch Erschöpfung der Gestaltungskraft allmählich zu Grunde geht.

Eine speciellere Gliederung des petrographisch so einheitlichen Complexes ist von Doering und Ameghino versucht und in der folgenden Uebersicht enthalten (s. n. Seite).

Noch neuerdings hat Schlosser in einem Referate über Ameghino's Arbeiten als seine bestimmte Ansicht ausgesprochen, dass das Piso santacruzeno nach dem Character der Nager und Edentaten, besonders aber der Perissodactylen, ins Miocän zu stellen sei, während die Formation patagonica zweifellos dem Pliocän zugehöre. Die Fülle von Thierresten, welche der Bruder Ameghino's im Feuerlande entdeckt hat, sind erst später bekannt geworden und noch immer nicht genügend illustrirt. Hier dreht sich Alles um den stratigraphischen Beweis, und der Punkt, wo anzusetzen ist, hleiht die Entreriosformation, der schon die älteren Gelehrten ein hohes Alter zusprachen. Behält Santjago Roth Recht, dass die Entreriosformation die mittleren Pampaslösse vertritt, so ist die Frage in einem für Ameghino günstigen Sinne entschieden.

An der Westküste Afrikas bildete das Tertiärmeer auch nur schmale Anlandungen. Eine Reihe von Inseln erfüllte den nördlichen Theil dieses Meeres; sie versanken erst gegen die Miocänzeit. Damit wurde dann die Verhindung der heiden atlantischen Becken endgültig hergestellt. Von grosser Bedeutung für Europa ist ein tertiärer Meeresarm, der sich vom Eismeer jenseits des Ural nach Süden erstreckte und im Süden Russlands in das Mittel-

Nach Roth	Nach Doering		Nach Ameghino			Nach Schlosser	D'Orbigny und Bravard	Nach Darwin
Obere Pampasformation	Form. pampeana	Piso pampeano lacustre (Paludestrina Ameghini)	Form. pampeana	Pliocän	Piso lujanico			
		Piso eolitico (Equus)			Piso bonarico (Dilobodon, Glyptodon typus)			
					Piso belgranico (Neoracanthus, Azara sp. exst.)			
		Piso pampeano inferior (Typotherium)			Piso ensenadico (Typotherium cristatum)			
Mittlere Pampasformation incl. Entrerios-Schichten	Form. araucana	Piso pehuelche	Form. araucanica	Miocän	Piso Pehuelche (Nopachthus coagmentatus)			
					Piso hermosico (Pachyrucos typicus)			
		Piso araucano (Nesodon, „Anchitherium")			Piso araucano (Plohophorus Ameghini, Azara occidentalis)			
	Form. patagonica	Piso patagonico (Ostrea patagonica)	Form. patagonica	Oligocän	Piso patagonico (Ostrea patagonica)	Pliocän	Oligocän (Miocän D'Orbigny's)	Eocän
		Piso mesopotamico (Megamys, „Anoplotherium")			Piso mesopotamico (Scalabrinitherium, Megamys) (Entrerios-Schichten)			
Untere Pampasformation		Piso paranense (Ostrea Ferrarisi)			Piso paranense (Ostrea Ferrarisi)			
	Form. guaranitica		F. Santa-cruceana	Eocän	Piso Santa-Cruziano (Plagiaulacidae, Creodonten)	Miocän		
					Piso subpatagonico (Baculites)			
		Piso pehuenche (Mesotherium)	Form. guaranitica	Paleocän	Piso pehuenche od. guaranitico super. (Pyrotherium, Dinosaurier)			
				?Kreide	Piso guaranitico intermedio			
		Piso guaranitico			Piso guaranitico inferior			

meer mündete. Er schied Europa von Asien; im Oligocän verbanden sich nördlich des uralischen Gebiets die Landmassen und bald verschwand dann das transuralische Meer, das in weiter nach Osten gerückter Lage Verhältnisse wiederholte, wie sie einstmals zur älteren Kreidezeit bestanden. Einige faunistische Eigenthümlichkeiten des mitteleuropäischen Tertiärs, besonders des norddeutschen, deuten an, dass auf diesem Wege zahlreiche Thierwanderungen stattfanden. Die Invasion der nordischen, schellfischartigen Gadiden, die schon im Paleocän von Kopenhagen reichlich auftreten, im nordamerikanischen Eocän aber ebenso wie im Pariser Becken fast gänzlich fehlen, lässt sich auf diese Verbindung mit dem arctischen Meere zurückführen, das, wenn auch kein Eismeer, so doch kühler als die mitteleuropäischen Gewässer war. Wir müssen dabei erwägen, dass von dem Rande des Londoner Beckens nach Norden überall Festland war, welches sich von Skandinavien über Island nach Grönland und über dieses hinaus nach Nordamerika erstreckte. Von dort ist ein Zuströmen nordischer Formen also nicht zu erwarten; da die Bretagne mit Irland und England zusammenhing, hätte die Einwanderung durch die Niederung der Loire stattfinden müssen; aber gerade hier überwiegt der Einfluss des Mittelmeers.

Mit den letzten Zeilen haben wir uns schon dem Gebiete zugewandt, das als das nächstliegende erhöhtes Interesse beansprucht. Seine Geschicke mögen hier kurz skizzirt werden. Ein flaches Meer bedeckte nach der Kreidezeit das nördliche Frankreich, das südliche England und einen Theil der norddeutschen Tiefebene, Däuemarks und Schonens; nach Westen hing es mit dem atlantischen, nach Osten mit dem russischen Meere zusammen, abor fast das ganze Deutschland bis zu dem Nordfuss der Alpen war über dem Wasser. In wechselnden Oscillationen schwankten die Küstenlinien; bald hier, bald dort wurde ein Theil des Meeres zur Lagune oder zum Strandsee, der in der nächsten Phase wieder zurückerobert wird. Im Ganzen zog sich das Meer immer weiter zurück; aber ausgedehnte Senkungen in Norddeutschland veranlassten hier einen erneuten Vorstoss des Meeres, der seine Wogen bis an den Fuss unserer Mittelgebirge führte. Mit drei grossen Buchten griff die See bis Bonn, bis Halle und bis Oppeln in den Kern Deutschlands hinein. Im Mitteloligocän wurde der höchste Stand erreicht; eine gewaltige Senke schaffte den Wassern auch Zutritt nach Süden, das ganze Rheinthal wurde erfüllt, wurde zu einem langgestreckten Binnenmeere, das auch mit den gallisch-helvetischen Meerestheilen in Verbindung trat. Die faunistischen Elemente mischen sich im Mainzer Becken; es ist zweifellos, das vom Anfange seiner Existenz an nordische Gäste eingedrungen waren. Bald fiel das Meer wieder; das Mainzer

Becken wurde isolirt, brackisch, schliesslich ausgesüsst und in kleine Süsswasserseen aufgelöst. In Norddeutschland verschob sich der Strand gegen Westen; im Oberoligocän stand das Meer noch in Mecklenburg, im Miocän in Holstein und Schleswig, im Pliocän war ganz Deutschland trocken gelegt, und die Bildungen des sog. Crag (zum Mergeln benutzter Muschelsand) lassen erkennen, wie die alten Küsten von Belgien quer nach England hinübersetzten, der Canal also noch nicht existirte. Wo das Meer verschwunden war, siedelten sich in den wasserreichen Niederungen Wälder an; zuerst in den vorgeschobenen und bald vom Meere verlassenen Buchten, dann aber auch im ganzen Gebiete der nordischen Ebene, seit der Oberoligocänzeit. Die Braunkohlenlager des Rheins, der Mark, des Samlandes und anderer Gegenden verdanken ihnen ihre Entstehung. Sie bildeten sich auch in Gegenden, die mit dem Tertiärmeer keinen Zusammenhang hatten, wie in Böhmen.

Nicht nur in Deutschland, sondern auch im London-Pariser Becken und in Südeuropa machte der Rückzug des Meeres sich stark bemerklich. Die Gypsbildungen des französischen Unteroligocäns wurden allerdings durch ein nochmaliges Anschwellen des Meeres unterbrochen, das mit dem Vordringen des Mitteloligocäns in Deutschland zusammenfällt; aber dann fiel das Meer fast ununterbrochen. Die aquitanische Stufe Südeuropas mit ihren Molassen, Nagelfluhen und Kohlenflötzen ist das Gegenstück zu dem Oberoligocän Norddeutschlands.

Die folgende Stufe des Miocäns zeigt das Meer in rascher Abnahme, aber zugleich ein complicirtes Bild von localen Verschiebungen, die im Gefolge der Gebirgsbildungen und der tektonischen Bewegungen überhaupt eintraten. Der Zusammenhang des Mittelmeeres mit den asiatischen Gewässern wurde unterbrochen. Das Mittelmeer zog sich nach Süden zurück, auf das eigentlich alpine Gebiet, obwohl es in Frankreich noch weite Strecken inne behielt. Die Ablagerungen von Bordeaux sind der Typus, nach dem Lyell sein Miocän bildete.

Das russische Meer war stark zusammengeschmolzen. Ein schmaler Streifen zog von Kielce nach Odessa, der Krim und über Stawropol am Nordabhang des Kaukasus nach der Gegend des Kaspisees, wohin auch das eigentliche Mittelmeer seine Ausläufer schob. Verwickelt gestaltet sich diese und die folgende Zeit in den oesterreichischen Ländern. Während anfänglich vom Rhônethal her über den Jura, südlich des Schwarzwald, des böhmischen Gebirges und der Sudeten eine Verbindung bis Schlesien existirte, isolirte sich später der Osten. Dort dampfte das Meer in grossartigen Lagunendistricten

ein und bildete reichhaltige Salzstöcke. Auch in Armenien und Persien, bis Turkestan hin trifft man diese salzreichen Ablagerungen.

Dann wurde Oberoesterreich Festland, aber Senkungen veranlassten den Einbruch des Meeres in Ungarn und Niederoesterreich. Ein Umschwung trat während der sarmatischen Stufe ein. Ein bedeutender Theil des südlichen Russlands und die weiten Senken bis östlich über den Canal hinaus wurden zu einem riesigen Binnenmeere, „in dessen brackischen Gewässern eine formenarme Bevölkerung lebte, die sich nicht nur von der Fauna der unterlagernden Mittelmeerschichten unterscheidet, sondern auch fast ausschliesslich aus Arten besteht, welche nicht mehr existiren“ (Karpinsky). Im Laufe der Zeit wurde dieses Becken ganz oder nahezu süss, wobei es sich innerhalb der Grenzen Russlands bedeutend in seinem Umfange verringerte; sein Nordufer verschob sich überall nach Süden; nach Osten erreichte das Becken, wie es scheint, nicht mehr das Kaspische Meer. Die Sedimente, die sich aus diesem Becken ablagerten, erstrecken sich in bedeutender Ausdehnung längs dem Ufer des Schwarzen Meeres oder des Pontus, weshalb sie auch die Bezeichnung „pontische“ erhalten haben. Die heutige Form des Schwarzen Meeres giebt aber nicht mehr die Umrisse des alten Pontus wieder, sondern ist das Resultat eines jungen Einbruchs. Indem die Wasser des Mittelmeeres sich dorthin zogen, wurde auch die alte pontische Fauna durch Mittelmeerarten verdrängt. Ehe dieses aber geschah, war das Mittelmeer selbst kleiner, als gegenwärtig; es erstreckte sich nicht weiter nach Osten als bis Corsica und Sardinien!

In ähnlicher Weise sank das altlantische Meer von der Küste Floridas zurück. Zwischen miocänen und jüngsten Meeresbildungen besteht dort eine Lücke, die in jene Zeit des tiefsten Meeresstandes fällt. Ob ein innerer Zusammenhang zwischen den analogen Vorgängen im Mittelmeer und an der Ostküste Nordamerikas besteht, ist schwer nachzuweisen; die einfachste Erklärung geben tektonische Vorgänge in der Erdrinde, welche bald auf Vertiefung der Meere, bald auf ihre Verbreiterung hinarbeiten, indem sie die benachbarten Uferländer senken. Neumayr weist darauf hin, dass die gewaltigen Erderschütterungen im Gebiete des Mittelmeeres und in den östlich angrenzenden Ländern zeigen, dass dieser Theil der Erdrinde noch nicht zur Ruhe gekommen ist. „Wenn irgendwo in unseren Gegenden, dürfen wir im Mittelmeergebiete für die kommenden geologischen Zeiträume tiefgreifende Veränderungen erwarten.“

Durch Einbrüche und Senkungen der Erdkruste hat der Contour des gegenwärtigen Mittelmeeres sich angelegt. Einbrüche und Senkungen haben

auch an der Ausgestaltung des Antillenmeeres und der asiatischen Inselbogen gewirkt; riesige Elephanten pliocänen Alters sind von Indien bis Japan und über die Sundainseln und Philippinen verbreitet, grosse Faulthiere konnten noch im Pliocän vom nordamerikanischen Festland nach Cuba wandern, und selbst die Bahamainseln scheinen erst in junger Zeit sich abgelöst zu haben.

B. Die Thierwelt des Tertiärs.

Die Thiere des Landes. In den zahlreichen Süsswasserablagerungen der tertiären Zeit sind von allen grösseren Gruppen Reste, oft in ausgezeichneter Erhaltung, aufbewahrt, sodass Fauna und Flora jener Zeit in lebhaften Farben vor unseren Blick gerückt wird. Ein grossartiges Material besonders für die tertiäre Geschichte der Insecten umschliesst der goldklare Bernstein des Samlandes, der auch die kleinsten Züge der in ihm eingeschlossenen Körper vor Verwischung geschützt hat und vermöge seiner Durchsichtigkeit in allen Einzelheiten zu studiren erlaubt. Leider sind diese wissenschaftlichen Schätze noch zum allergrössten Theile ungehoben; mehrere Museen besitzen kostbare Sammlungen sog. Inclusen, die nach Tausenden zählen, aber bei der allzuweit getriebenen Specialisirung der Entomologen liegt das Material unbearbeitet in den Schränken. Seit die älteren Werke über die Bernsteinfauna geschrieben sind, hat sich aber nicht allein die Zahl der Bernsteinfunde vervielfacht, sondern es hat sich auch dio Kunde der exotischen Insecten, auf welche die Vergleiche wesentlich Rücksicht zu nehmen haben, so sehr erweitert und vertieft, dass die älteren zoogeographischen Folgerungen kaum in den weitesten Umrissen noch aufrecht zu halten sind.

Der Bernstein ist das fossile Harz einer Fichte, welches sowohl im Innern der Stämme in erkranktem Gewebe sich in grossen Platten ausschied, als auch durch jede Verletzung reichlich nach aussen drang, in der Sonnenwärme umgeschmolzen von Ast zu Ast träufelte, am Stamme herniedersickerte oder in grossen Tropfen auf den Waldboden fiel. Diese verschiedenen Bewegungsarten erklären seine Structur, die bald die concentrisch-schalige eines Tropfsteines, bald die homogene eines grossen Tropfens ist; bald sind es unförmliche, trübe Ballen, durch und durch von Holzmulm erfüllt, wie er auf dem Boden solcher Wälder sich bildete, bald hell durchsichtige Massen, in denen man noch die perlenden Luftblasen sieht, welche die aus dem in der Sonnenwärme sich erweichenden Harze nach der Oberfläche aufstiegen. Zuweilen umschliesst es eigenartig gedrehte Holzfasern von ganz frischem Ansehen, kleine Splitter, welche aus den vom Blitzstrahl oder vom Sturm

geschlagenen Wunden sich abzulösen pflegen; diese sowie die Holzreste, welche an den im Innern abgelagerten Harzplatten zu haften pflegen, sind die einer Fichte oder Kiefer. Ob noch andere Nadelhölzer, von denen man nicht selten Nadeln und Blüthentheilchen eingeschlossen findet, zur Bildung beigetragen haben, ist unsicher, aber bei der grossen Mannigfaltigkeit des fossilen Harzes wohl möglich.

Die kleinen Harzströme, welche beständig über die Rinde der Bernsteinfichte rieselten, waren gefährliche Fallen für alles, was ihnen in den Weg kam oder vom Winde zugetragen wurde. Ein Stück inneren Waldeslebens ist hier festgehalten. Die Feder, welche dem Gefieder eines Vogels entsank, ein Büschel Haare eines durch das Gewirr der Zweige schlüpfenden eichhornähnlichen Thieres, die Schnecke, welche unter die aufgesprungenen Schuppen der Borke sich vor den Sonnenstrahlen geflüchtet hatte, die zarten, von Spinnen gezogenen Fäden und selbst die Thautropfen, die in ihnen glitzerten, eine zierliche Eidechse, welche auf der Jagd nach einem Insect von dem gefährlichen Harz gehemmt wurde, alles versank in der erstickenden Masse, aus der es uns jetzt nach Millionen von Jahren wie lebend entgegenleuchtet. Die zahllosen Insecten und Spinnen, die in allen Altersstufen und allen Stellungen wie künstlerische Präparate in dem durchsichtigen Harze liegen, bilden aber weitaus die grösste Menge aller Inclusen. Soweit sich bis jetzt beurtheilen lässt, weichen sie in den Formen des Körpers nicht allzuweit von den lebenden ab, obwohl ihnen ein hohes Alter zukommt, denn die Schichten, in denen der Bernstein vorkommt, sind unteroligocän, und es ist nicht unwahrscheinlich, da dieses marine Bildungen sind, in welche der Bernstein erst secundär eingeschwemmt ist, dass die Zeit der Bernsteinwälder selbst in das Eocän fällt. Die veränderten klimatischen Verhältnisse Mitteleuropas haben jene alte Insectenwelt längst verdrängt; heute leben ihre nächsten Verwandten in Nordamerika und Ostasien. Dasselbe Resultat erbielt Klebs bei der Untersuchung der im Bernstein vorkommenden Mollusken, und auch die Existenz der Eidechsengattung Cnemidophorus weist nach Nordamerika. Die fossilen Schmetterlinge, die man bei Aix, Radoboy, Rott und bei Florissant in Colorado in oligocänen Schichten gesammelt hat,

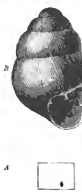


Fig. 112. Vertigo Hauchecornei Klebs.

Eine Landschnecke aus dem Bernstein. *A* in nat. Gr. Umriss des geschliffenen Bernsteinstückchens und der eingeschlossenen Schnecke in nat. Gr., *B* letztere allein, vergr. (Nach R. Klebs.)

führen zu ähnlichen Schlüssen. Die Fauna von Florissant ist amerikanisch und subtropisch, die tertiären Schmetterlinge Europas bestehen aber, wie Scudder zeigte, in erster Linie aus ostindischen, in zweiter aus subtropisch amerikanischen, und erst in letzter aus heimischen Elementen. Bedeutende morphologische Unterschiede des Körpers von den lebenden Formen existiren auch hier nicht. Die je nach der Stellung im System mehr oder weniger starke Atrophie der vordersten Beine war schon im Tertiär in gleicher Weise ausgeprägt. Auch der Stamm der Schmetterlinge reicht weit in die geologischen Zeiten zurück.

Das Hauptinteresse concentrirt sich auf die Säugethiere, die im Tertiär dominirend hervortreten, und mit ihnen haben wir uns hier etwas eingehender zu beschäftigen. Ihre Entwickelung zu verfolgen gehört zu den schwierigsten, aber auch interessantesten Aufgaben des Palaeontologen und des Geologen. Der jüngste der Thierstämme zeichnet sich, nachdem er in der mesozoischen Zeit gleichsam vegetirt hat, durch ein ganz ungewöhnlich rasches Aufblühen aus, in welchem sehr verschiedene Impulse die Nüancirungen bedingen, sodass nach jeder Richtung hin der Forscher zum Studium angelockt wird, zumal im Tertiär verhältnissmässig häufig Ablagerungen fluviatilen, limnischen oder terrestrischen Ursprungs mit Säugethierresten auftreten. Fesselt den vergleichenden Anatomen schon allein der Aufschluss, den er über die Geschichte der Hartgebilde bekommt, so vertieft sich dieses Studium noch durch die deutlich hervortretende Beziehung zu den gestaltenden Factoren der Entwickelung, zu Gebrauch und Nichtgebrauch, zu Verfestigung in einer strengen Zucht der Natur, zu Verweichlichung und Hypertrophie im Gefolge von rückhaltloser Hingabe des Körpers an unumstrittene Lebensbedingungen, zu Nahrung, Nahrungssorgen und Wanderungen. Der Geologe richtet sein Augenmerk auf die letzteren, denn sie ergeben concludente Beweise für die Existenz ehemaliger Landbrücken, die jetzt im Meere versunken sind und schwer auf anderem Wege zu erschliessen sein würden.

Im Grunde genommen sind wir durch die vielbesprochene Entdeckung von Säugethierresten aus der Kreidezeit nicht viel gefördert, und der Hiatus zwischen den mesozoischen und den tertiären Formen besteht noch in aller Schärfe. Stammen doch jene aus den Laramieschichten, deren oberste Lagen aller Wahrscheinlichkeit nach nicht viel älter sind, als unsere ältesten marinen Tertiärbildungen, und denen sich in Nordamerika die Puercobeds räumlich und zeitlich in unmittelbarer Folge anschliessen, während in Patagonien die untereocänen Säugethierlager, die der Bruder des bekannten Palaeontologen Ameghino entdeckt hat, eine nur wenig höhere Stellung in der Schichten-

reihe haben dürften. Dennoch welch ein Gegensatz! Wie im Wealden die Jurazeit, so klingt im Laramie die Kreidezeit, ja die ganze mesozoische Aera aus! Noch wälzten die ungeschlachten Dinosaurier ihre Riesenleiber durch die Dickichte der See-Niederungen, Anachronismen, die mit der Tertiärzeit ausgetilgt sind. Noch sind es die alten, unreifen Säugethierformen, die neben ihnen leben, Beutelthiere oder Monotremen, Insectenfresser und halbaffenähnliche Thiere, alles kleine Geschöpfe, die in der folgenden Aera nach kurzem Aufschwunge dem Untergange entgegengeführt werden, oder als Nebenäste des grossen Stammes die Gegenwart erreichen, wenig verändert an Gestalt und Lebensweise. Wenn sich auch hier und da ein Zug einmischt, der beweist, dass die Entwickelung der Säugethiere im Steigen sein musste, so fehlt doch die Verbindung zu der plötzlich mit dem Beginn des Tertiärs uns entgegentretenden Formenfülle. Wo stand der Baum, dem alle diese Aeste entsprosst sind, wo lag die Quelle, welche die Ströme neuen, frischen Lebens über die Festländer gesprudelt hat?

Noch irren die Vermuthungen ohne feste Führung über die Erde; nur das muss festgehalten werden, dass die breitschichtig angelegte älteste tertiäre Säugethierfauna, die wie aus einem Gusse erscheint, auch ein weites, ausgedehntes Areal als Entstehungsstätte verlangt, welches im Wechsel der Zeiten als ein Bollwerk ruhiger Entwickelung aushielt, unberührt von dem Wandern und Schwanken der Wassermassen. Wo die Strandlinien sich leicht verschoben, bald vergängliche Brücken zwischen Inseln entstanden, bald die nagende Brandung Festländer zu Inselwelten auflöste, da war nicht der Platz für eine autochthone Entwickelung landbewohnender Organismen, wie wichtig auch die Gegenden der Unruhe für die Veränderung und Mischung der Faunen und Floren sind. Das ist das Verhältniss Europas zu den grossen Festlandsmassen, die von allen Seiten ihre Erzeugnisse dorthin sandten und fremde oder fremdgewordene Einwanderer und Rückzügler empfingen, die ihrerseits auf den alten Stamm des Landes wirkten wie ein Gährungsferment. Eine ähnliche Bedeutuug hatte Ostasien und sein Inselanhang besonders in der späteren Tertiärzeit.

Nach Südasien und dem südlichen Ostasien pflegen wir zu blicken, wenn es sich um die Frage über die Herkuuft unserer jüngsten und modernen Säugethierfauna haudelt. Wenn auch manche Gruppen, deren Dasein jetzt und in jüngeren Tertiärablagerungen mit zur Physiognomie jener Länder gehört (wie das des Muntjak's, der Rusa-Hirsche u. s. w.), gleichzeitig oder früher in Europa auftreten, andere, die man früher für euroasiatischen Ursprungs hielt, vielleicht amerikanische Einwanderer sind, so bleibt Süd-

ostasien doch der wichtigste Hafenplatz für den Weltverkehr der Thiere im Miocän und Pliocän und später. Hier liefen europäische wie amerikanische Gestalten ein, theils um zu bleiben, theils um nach längerer Zeit der Ruhe sich wieder auf die Wanderung zu begeben, oft nachdem sie neue Eigenschaften gegen alte eingetauscht haben. Auch Familien, deren Wurzeln im asiatischen Boden liegen, verbreiteten sich von hier aus und erreichten als kühne Wanderer entlegene Areale und Inseln.

Gegenüber der stabilen Ruhe in der Säugethierfauna der Eocänzeit tritt im jüngeren Tertiär zugleich eine raschere Divergenz der Formen und eine grössere Bewegung der Faunen ein, die sich steigert bis in das Pliocän, vielleicht in correlatem Zusammenhange mit Schwankungen des Meeres und Aenderungen der Temperaturverhältnisse. Nach der Glacialzeit sind nirgends erhebliche faunistische Aenderungen beobachtet, und während der Vereisung war die Verbindung zwischen der alten und neuen Welt gesperrt und auch für die meisten Arten eine grössere Bewegung innerhalb des nördlichen europäisch-asiatischen Festlandes zur Unmöglichkeit geworden.

Wir sind vorausgeeilt und haben zuerst noch die Frage zu prüfen, wo und wann die entwickelungsfähigeren Zweige des Säugethierstammes zur Sprossung kamen. Die Festländer der Kreidezeit haben wir oben zu skizziren versucht. Ein grosser Theil dieser Gegenden ist uns auch heute noch zugänglich, aber manche sind vom Meere wieder verschlungen, und ein sehr wichtiger, vielleicht der wichtigste Continent ist gegenwärtig auf die eisstarrende Umgebung des Südpoles beschränkt, der schreckensreichsten, der unnahbaren Gegend der Erde.

Ein gewissermassen limitirender Weg der Forschung mag dazu dienen, den Gedanken eine bestimmtere Richtung zu geben. In der Grundanschauung jeder Descendenzlehre liegt die Forderung, dass die Entwickelung eines neuen Typus nur in einer Gegend vor sich geht. Selbst diejenigen, welche die mesozoischen Beutelthiere als Ahnen der lebenden Placentalier auffassen, müssen doch zugeben, dass sie nicht überall, wo sie lebten, durch einen gleichen Stimulus in die gleichen Placentalthiere verwandelt werden konnten, und dass daher die gleichzeitigen Faunen von Rheims und des Puerco in Neu-Mexiko nur durch Wanderung von Amerika nach Europa oder umgekehrt, oder von einem noch zu entdeckenden Orte nach beiden zu erklären sind. Europa oder die vielgetheilte Inselwelt, welche zur Kreidezeit unseren Continent vertrat, ist sicher nicht die Wiege der höheren Placentalier und, wir werden sehen, Nordamerika sehr wahrscheinlich nicht. Die Nachforschungen auf den übrigen Continenten begegnen mannigfaltigen Schwierigkeiten. Grosse

Länderstrecken sind noch nicht von Geologen, viele Gegenden Afrikas und Asiens überhaupt noch nicht von Reisenden betreten. Die Erhaltung von Säugethierresten ist zudem fast ein Zufall zu nennen, da naturgemäss die meisten Cadaver auf dem Lande liegen bleiben, wo sie ausnahmslos der Zerstörung anheimfallen, wenn sie nicht umhüllt und vor dem Einfluss der Atmosphäre gesichert werden. Was ist von den unübersehbaren Büffelherden geblieben, die so lange Zeit die inneren Staaten Nordamerikas belebt haben und von denen oft Hunderte auf einmal durch die uneingezähmte und verblendete Habsucht des Menschen zum Fall kamen? Wie selten kommt in der Ackerkrume ein Mäuseknöchelchen zum Vorschein und doch leben und vergehen jedes Jahr Millionen in engem Umkreise. In den sumpfigen Ufern eines Sees mag manches Thier zu Tode kommen, manches verendete Stück Wild versinken und schliesslich versteinern, aber die grossen Friedhöfe Nordamerikas, die Knochenlager Südeuropas deuten an, dass noch andere Ursachen mit im Spiel sein müssen, die Erhaltung von Säugethierresten in reichlicherem Masse zu ermöglichen. Periodische Ueberschwemmungen, Wildbachfluthen, andererseits die unwiderstehlichen Steppenstürme, welche ganze Faunen vor sich herfegen und in Tod und Untergang jagen — mit solchen Factoren müssen wir bei der Erklärung knochenreicher Schichten rechnen. Alles zusammen ergiebt, dass solche Lager immer zu den seltenen Vorkommen gehören werden. In Nordamerika, wo ein den ganzen Continent halbirender Meeresarm bei seinem Absinken nach Norden und Süden erst eine Reihe von brackischen Lagunen, dann eine Kette von Süsswasserseen, schliesslich ein Netz gewaltiger Flüsse hinterliess, oder in Patagonien und Argentinien, wo der von Winden umhergewirbelte Staub durch die Grasdecke, Regen und Ueberfluthungen festgelegt wurde und im jährlichen Wachsthum auch die in der Steppe zerstreuten Cadaver umschloss — dort haben günstige Bedingungen für die Erhaltung von Säugethierresten seit alten Zeiten gesorgt. Es ist bis jetzt noch kein Ort gefunden, wo solche Schichten aus der Kreidezeit überliefert sind, wenngleich die patagonischen Schichten sich bis an deren Grenze ziehen. Sind sie in der That älter, als das Puerco und die Fauna von Rheims, so hat Nordamerika die Bedeutung eingebüsst, die einheimische Forscher nach den auffallenden Entdeckungen der letzten Jahrzehnte ihm zuschrieben, das Entstehungscentrum der höheren Placentalier zu sein.

Wie die vergleichende Sprachforschung uns werthvolle Aufschlüsse und Winke über die Geschicke, Wanderungen und Verkettungen der Völker giebt, so kann auch der Palaeontologe und selbst der Geologe viel lernen

aus einer sorgfältigen Erwägung des Characters, den die Faunen der grösseren Landmassen entwickeln, doch darf er nie die grossen Gesichtspunkte ausser Acht lassen uud muss eingedenk sein, in wie unendlich verschiedener Weise einzelne Züge in das Bild einer Fauna oder Flora hineingetragen werden können.

Einige nahe liegende Annahmen dienen als Richtpunkte für die Beurtheilung. Die Behauptung, dass die Abgliederung einer neuen Form den Untergang der Stammform nach sich ziehe, ist von der Palaeontologie längst als irrig erkannt. Wenn die Lebensbedingungen nicht zu schroff geändert werden, beharren fast immer auch Nachkommen der Ausgangsform neben den neuen; Frech beschrieb ein sehr lehrreiches Beispiel, wie von drei Korallenarten der Trias sich grade die in der Mitte stehende Stammform schliesslich als die lebensfähigere erweist und ihre Nebentriebe wieder vergehen. Wenngleich das der seltenere Fall sein mag, so wird man doch jedenfalls in der Lage sein, aus dem Mengungsverhältniss, das in einer Fauna die modernen und die älteren Arten beherrscht, Schlüsse auf die Entstehungsgeschichte und das Alter zu machen.

In Australien findet sich eine Fauna eigenen Gepräges. Ausser Chiropteren, Nagern und dem Dingo (eingewanderten Formen), den beiden Monotremen, die auf diesen Continent beschränkt sind, kommen nur Beutelthiere vor. Wären jemals höhere placentale Säugethiere hier zur Entwickelung gekommen, so würden ihre Nachkommen irgend eine Rolle in der Fauna spielen, zumal die eingeführten ausserordentlich gut gedeihen und ersichtlich überlegene Concurrenten sind. Auch die australischen Beutelthiere selbst zerfallen in eine ältere und in eine jüngere und vielleicht autochthone Gruppe; die angeblichen Nachzügler der Plagiaulaciden (der quartäre Thylacoleo und der lebende Hypsiprymnus — wenn in der That hier ein wirklich genetischer Zusammenhang vorliegt), Perameles, Myrmecobius und die Dasyuriden, sind moderne Umprägungen des alten Materials, die meisten übrigen Diprotodontier stehen isolirt da. Wenn in den Tertiärschichten der alten oder neuen Welt sich Beutelthierreste zeigten, so waren es stets den Didelphyiden verwandte Formen, wie sie noch in Südamerika leben und seit dem Eocän gelebt haben, während Australien gerade diese nicht besitzt. Die Entdeckung von Dasyurus-Arten (Beutelmardern) in Patagonien beweist das hohe Alter auch dieser Formen, die noch gegenwärtig häufig sind, aber noch niemals ist ein Känguruhrest in ausseraustralischem Tertiär gefunden, und noch für manche andere Form müssen wir schliessen, dass sie erst in relativ junger Zeit aus dem alten, in Australien eingedrungenen Stamm entsprosste. Seit der Zeit, wo Dasyurus an Südamerika abgegeben wurde, führte Australien sein

Sonderdasein. Dass diese abseits stehende Thierwelt ähnliche Plätze im Haushalt der Natur angewiesen bekam, wie die Placentalier in den anderen Welttheilen, kann bei den gleichen Lebensbedingungen nicht überraschen, und ist kein Beweis genetischen Zusammenhanges. Mit mechanischer Nothwendigkeit resultiren die der Pflanzenkost oder Fleischkost am besten entsprechenden Gebissformen und Gliedmassen, welche der Bewegung in Bergen oder Steppen, in Bäumen oder Klüften, durch Springen, Klettern oder Schleichen am besten angepasst sind. So erklären sich die Analogien zwischen placentalen und marsupialen Nagethieren, Hufthieren und Carnivoren aller Schattirungen. Seit mesozoischen Zeiten hat keine Berührung mit dem Säugethierstamme der alten Welttheile stattgefunden. Auch Südafrika, welches einige alterthümliche Säuger in seiner Fauna besitzt, wo zur Triaszeit schon Säugethiere des ältesten Typus vorhanden waren und das seitdem niemals wieder vom Ocean überfluthet wurde, fehlen die Beutelthiere gänzlich, ein Beweis, dass dieser Landcoloss sich im Süden selbständig gemacht hatte zu einer Zeit, wo zwischen Australien und Südamerika noch Verbindungswege existirten. Die Tritylodonten, allgemein die Multituberculata, haben das Land verlassen, an dem Aufschwung der Marsupialia hat es nicht theilgenommen, seine Säugethier-Fauna ist relativ jung und meist auf ein anderes Ursprungsgebiet zurückzuführen, so die Nagethiere auf Südamerika, die Proboscidier, Equiden, Hyaena und Cynocephalus auf Indien, die Antilopiden und Giraffen auf die Mittelmeerregion. Es bleiben nur einige alte Thierformen zurück, auf die häufig ein scharfer Accent gelegt wird, wie Orycteropus, Manis und die Lemuriden. Seitdem aber Orycteropus und Manis auch im Mio-Pliocän von Samos gefunden sind, ist deren Einwanderung über Europa oder Kleinasien fast zweifellos; es sind Abgliederungen des grossen südamerikanischen Edentatenstammes, der seine Sendlinge im Miocän zuerst nach Europa schickte. Die Gattung Manis hat die weiteste Wanderung nach Osten vollbracht und findet sich im Pleistocän auch in Indien ein. Derartige Thatsachen können zugleich als ein Hinweis angesehen werden, dass die Besiedelung Afrikas mit pliocänen Säugethieren von Norden aus erfolgte, wo die grosse mediterrane Wanderstrasse verlief, nicht via Lemurien.

Die Bedeutung der Lemuriden ist nicht mit zwei Worten zu erklären. Die Halbaffen, deren bekannteste Familien die Lemuriden sind, zum Theil abschreckend hässliche, immer auffallende, wunderliche Thiere, haben in der zoogeographischen Literatur, demnächst aber auch in der palaeontologischen, Stoff zu mancherlei Conjecturen gegeben. Der Engländer Sclater construirte eigens einen untergegangenen Continent, um die Verbreitung dieser

Thiere in der Gegenwart zu erklären, welches Lemurien auch von dem genialen Wallace acceptirt und von Häckel zur Wiege des Menschengeschlechts gemacht wurde. Vom Standpunkt des heutigen Wissens aus sind die herangeholten Thatsachen nicht beweiskräftig, vor allem aber nicht begrenzt, präcise genug. Es giebt zoogeographische Verhältnisse, die noch viel merkwürdiger sind, die aber Niemand zur Aufstellung ähnlicher Theorien zu verwerthen versucht. Ich erinnere an die Gattung Tapir, deren eine Art in den Anden, deren andere in Indien lebt, an die Tylopoden mit dem Lama in Südamerika und mit den Cameliden in der alten Welt. Unter den Halbaffen sind die Gattungen sämmtlich, die Familien zum Theil localisirt. Die Chiromyiden mit der einzigen Gattung und Art Chiromys leben auf Madagascar, die Tarsiden mit der einzigen Gattung und Art Tarsius spectrum auf Sumatra, Borneo und den benachbarten Inseln, die „fliegenden“ Galeopitheciden auf den Sundainseln, Molukken, Philippinen, auf Malakka und den benachbarten Inseln, und nur die Lemuriden haben einen grossen Verbreitungsbezirk, in dem aber die Gattungen localisirt sind. Ja die Verbreitung der Lemuriden ist so enorm, dass gerade hierdurch ihre Vertheilung die Beweiskraft für den Continent Lemuria verliert. Sie reicht von der Alt-Calabar-Bai im Meerbusen von Guinea, wo Arctocebus, der Bärenmaki, lebt, über West- und Südafrika, der Heimath des Galago oder Ohraffen, nach Madagascar und den benachbarten Inseln, dem Bezirk der Gattung Lemur und der nächst verwandten Geschlechter. In Ceylon treffen wir auf Stenops gracilis, den Lori, während eine andere Stenops-Art in den Wäldern Ostindiens und den Sundainseln haust. So liegen die Verhältnisse in der Gegenwart, aber der Grund dieser Vertheilung liegt in älteren Zeiten, wo Lemuren auch in Mitteleuropa eine häufige Thierform waren, und wo den mitteleuropäischen nahe verwandte, wenn nicht gleiche Gattungen auch die eocänen Wälder des nordamerikanischen Seengebiets durchschwärmten. Bis jetzt galten die nordamerikanischen Cynodontomys und Mixodectes der Puerco-Zeit für die ältesten Lemuriden, selbst der Anaptomorphus der Wasatch-Schichten ist noch älter als der wenig verschiedene Necrolemur des französischen Oligocäns; hiernach ging die Wanderung von Nordamerika zunächst nach Europa, von wo sich der Strom, in mehrere Arme getheilt, nach Süden und Osten zog.

Selbst wenn man die Pseudolemuriden mit den echten Lemuriden in nahe Beziehung bringt, was meiner Ansicht nach unzulässig ist, erhält man kein anderes Bild der Vertheilung und Wanderung. Ihre beiden Familien, die Adapiden und Hyopsodiden, sind wiederum auf das Eocän oder ältere Tertiär Europas und Amerikas beschränkt, und zwar sind auch hier die nord-

amerikanischen Formen die älteren. Immerhin stellen sich die Pseudolemuriden in eine gewisse Zwischenstellung zwischen Affen und Lemuren. Eine (zu Unrecht angenommene) Verknüpfung mit den Hufthieren ist nicht vorhanden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die uralte Existenz der Lemuriden in palaearctischen Regionen eine relativ spätere Einwanderung der Thiere in die südlichen Gegenden wahrscheinlich und die Annahme einer besonderen Brücke und Wanderstrasse zwischen Afrika und Indien überflüssig macht. So gross die Wahrscheinlichkeit einer indomadagassischen Halbinsel in Jura und Kreidezeit ist, so deutlich sprechen andere geologische Gründe für die Isolirung der beiden Erdtheile und Madagascars im Tertiär. Die Säugethierfauna Afrikas ist wesentlich von Norden, Nordosten, und, wie wir sehen werden, von Westen eingewandert. Ohne Anknüpfung bleiben eigentlich nur Hyrax und Otocyon, wenn man nicht auch hier an Nordamerikas Taxeopoden und Creodonten denken will. Ein Entstehungscentrum für die höheren Placentalier kann in Afrika, trotz unserer geringen Kenntniss seines Innern und seiner dort etwa vorhandenen Schichten nicht gesucht werden.

Ueber die Geologie Innerasiens sind wir fast noch weniger orientirt wie über Afrika, weil wir hier nicht den einfachen Bau voraussetzen dürfen, der das letztere auszeichnet. Tertiäre Meere reichen bis zum Himalaya und Turan und der Wechsel ihrer Umwallungen hat jedenfalls auch die zoogeographische Vertheilung der Thiere sehr beeinflusst. Seit dem Miocän erst kennen wir Säugethiere und wir wissen, dass um diese Zeit eine grosse, wohl characterisirte Provinz, welche wir die sivalische nennen, sich von Indien über China und die Mongolei bis Japan nach Norden, bis Borneo im Osten erstreckte, ohne aber in Fühlung mit Australien zu treten, während ihre Typen nach Westen bis weit in Persien hinein streiften. Von eocänen Säugethieren Asiens kennen wir nichts und zwei Gründe können uns bestimmen, auch die asiatischen als allochthon anzusprechen. Einmal treten in Europa und weiter in Nordamerika viele eocäne und oligocäne Säugethiere auf, die als Vorfahren der späteren asiatischen anzusehen sind. So erscheinen die Mastodonten schon im europäischen Oligocän, wandern nach Asien, bilden sich hier im Miocän und Pliocän zu Elephanten um und kehren als solche nach Europa zurück. Andere Beispiele lassen sich leicht heranziehen. Nicht ein einziger grösserer Typus ist Asien eigenthümlich.

Zweitens nöthigen uns floristische Gründe, einen beschränkten Austausch Australiens mit Indien zur alten Tertiärzeit anzunehmen. Es wäre aber sehr auffallend, wenn die bestehende Brücke nur Pflanzen zur Wanderung ge-

dient hätte und nicht auch die Säugethiere die Gelegenheit, sich ein neues Gebiet zu erobern, benutzt hätten. Thatsächlich ist aber damals nicht eine Art in den australischen Continent eingedrungen; Dingo und Nager sind jedenfalls Einwanderer sehr jungen Datums. Man kann daraus den Schluss ableiten, dass damals die grossen Familien der Placentalier Südostasien noch nicht erreicht hatten. Erst mit der Miocänzeit tritt das oben geschilderte Leben ein. Immer wieder werden wir nach Europa und Nordamerika verwiesen. Vielleicht dürfen wir auch hier noch nicht stehen bleiben, denn nach den neuesten Entdeckungen in Patagonien soll Südamerika schon zur ältesten Eocänzeit eine hochentwickelte Säugethierfauna besessen haben, die sich nicht allein durch die ganz eigenartigen Edentaten und Toxodontier auszeichnete, sondern auch der Ausgangspunkt vieler Linien geworden ist, die im späteren Tertiär und in der Gegenwart auch für die ferneren Continente Bedeutung erlangten.

Schon D'Orbigny schied im argentinischen Tertiär zwei tiefe Lagen aus, die er als formation guaranienne und formation patagonienne bezeichnete.

Die Forschungen neuerer Zeit lehren, dass die unteren Schichten der guaranitischen Formation noch zur Kreide gehören und sich in einem flachen Meer bildeten, das weithin die ebenen Gegenden überfluthet hatte. Erst nachdem das Meer sich verlaufen hatte, beginnt eine Reihe interessanter Schichten, die meist deutlich die Merkmale eines terrestrischen oder subaërischen Ursprungs an sich tragen, obwohl zuweilen marine Einschaltungen zu beobachten sind, die von wiederholten Oscillationen des Landes erzählen. Den Beginn der tertiären Reihe bildet die Pehuenche-Schicht (obere guarantische Formation), die eine Parallele zu den nordamerikanischen Laramieschichten bietet. Hier wie dort hat man die Reste gigantischer Dinosaurier gefunden, deren Körper an Grösse nur von Walfischen übertroffen werden. Die Multituberculata spielten auch hier eine Rolle und erreichten in Macropristis selbst die Dimensionen der Känguruhs; ausserdem aber fand man die ersten Vertreter zweifelloser Hufthiere, Pyrotherium, Astrapotherium und Trachytherus, welche den Coryphodonten und Taligraden Nordamerikas entsprechen (s. u.). Ein Gürtelthier und Reste nicht sicher zu deutender Faulthiere erhärten den autochthonen Ursprung dieser noch gegenwärtig für Südamerika characteristischen Gruppen. Nun entrollt sich ein immer reicheres Säugethierleben, in je höhere Schichten wir dringen. Noch einmal drangen die Wogen des Meeres über Argentinien und Patagonien und hinterliessen Absätze, in denen noch die mesozoischen Baculiten und Enaliosaurier gefunden werden (subpatagonische Stufe). Ueber ihnen lagern dann in Süd-

patagonien jene mächtigen subaërischen Bildungen, die Santa-Cruz-Schichten, welche nach oben durch eine Decke von Basaltströmen vor der Zerstörung geschützt wurden. Auch diese Lavadecken sind nicht auf dem Grunde eines Meeres, sondern subaërisch gebildet. Wo die Nebenschluchten des Rio Santa-Cruz sich in diese Gesteine eingeschnitten und grossartige Aufschlüsse geschaffen haben, fand sich jene reiche Säugethierfauna, über die Ameghino uns berichtet. Die Dinosaurier sind verschwunden, die Säugethiere die unbestrittenen Herrscher des Landes. Eine Fülle von Nagethieren, Creodonten, Hufthieren, Faulthieren und Beutelthieren kennzeichnet die faunistische Mischung. Alle tragen primitive Charactere, noch fehlen die echten Fleischfresser und die moderneren Formen der Hufthiere — um so überraschender ist das Vorhandensein echter Affen neben Pseudolemuriden. Nach der Zahl und Beschaffenheit der Zähne können sie wohl als die Vorfahren aller späteren Affen gelten, die erst in viel späteren Zeiten Europa erreichten. Seit der mesozoischen Zeit, in welche wir die Trennung der Affen von den Pseudolemuriden und Lemuriden zurückverlegen müssen, hat der Skelettbau dieser Thiere einschneidende Anpassungen und Umformungen nicht mehr erlitten. Sie machten, wie Cope bemerkt, rechtzeitig Halt auf der Bahn, Knochen und Sehnen zu vervollkommnen, und besonders die, in ihrem näheren Verlauf allerdings noch unbekannte Ahnenreihe des Menschen gewann dadurch an Energie zur Steigerung des Intellects, beziehentlich zum Ausbau des centralen Nervensystems und Gehirns.

Wir können nicht umhin, dieses alte Wohngebiet der Säugethiere in Zusammenhang zu bringen mit der oft hervorgehobenen Erscheinung, dass in den Südspitzen der Continente sich so manche alterthümliche Thierarten finden. Jene geistreiche Hypothese, welche den Ursprung der Säugethiere in die borealen Circumpolarländer verlegte, erklärte dies durch das Andrängen stets neuer und kräftigerer Formen gegen Süden hin, welches die im Wettbewerb schwachen Reste der ältesten Generation bis in die Ausläufer der Continente trieb. Wir haben schon bei der Schilderung der Triaszeit Thatsachen kennen gelernt, die sich schwer mit dieser Annahme vereinigen lassen; wir lernen jetzt, dass auch zu jener Zeit, wo die modernen Stämme der Säugethiere sich anlegten, der Süden immer noch beisteuert zu den Faunen der Gegenwart, und müssen schon jetzt für wahrscheinlich halten, dass das Entstehungscentrum wichtiger Familien der antarctischen Region angehörte. Ob wir berechtigt sind, es nach Patagonien zu verlegen, oder in Gegenden, die heute von ewigem Eise starren, ist fraglich. Manche zoogeographische und botanische Eigenthümlichkeiten des Südens legen den

Gedanken nahe, dass ein grosses südpolares Festland öfter und wechselnd in Beziehung trat zu den nächst gelegenen Continenten, und bald hier, bald dorthin seine Producte sandte. Die Säugethiere wanderten aber bald weiter; eine Brücke über den südatlantischen Ocean vermittelte in der Oligocänzeit die Ausbreitung der Beutelratten und vieler Nager nach Europa, die Einwanderung härenartiger Raubthiere in Südamerika. Dass eine solche Brücke noch während eines Theiles der Tertiärperiode existirte, geht auch aus den engeren Beziehungen der Fische Westindiens und des Mittelmeeres, besonders aber aus dem von Suess und Neumayr betonten Auftauchen italischer Oligocän-Korallen an den Rändern der Antillen hervor. Korallen sind in ihrer Lebenssphäre so beschränkt, so sehr auf gewisse Temperaturverhältnisse und Meerestiefen angewiesen, dass es ihnen unmöglich gewesen wäre, einen weiten Ocean zu kreuzen ohne den Rückhalt einer Küstenlinie oder einer Inselreihe. Letzteres mag das wahrscheinlichere sein, sowohl aus geologischen Gründen, die wir bei der Besprechung der Kreidezeit vorgebracht haben, wie auch aus dem immerhin sporadischen Verkehr zwischen Europa und Südamerika. Der stärkere Strom der Wanderungen ist nach Nordamerika gerichtet, hier erfolgte jedenfalls die Ausprägung weitaus der meisten Säugethiergeschlechter, die sich dann weiter nach Europa verpflanzten. Die Verbindung von Süd- und Nordamerika wurde mehrfach unterbrochen; die characteristischen Edentaten erscheinen erst im Miocän Nordamerikas, aber hier mag auch die beschränkte Wanderungsfähigkeit mit ins Spiel kommen, die sie zu Nachzüglern der beweglichen Hufthiere macht.

Die Verhältnisse, unter denen die Säugethierreste in Nordamerika vorkommen, deuten auf die Existenz grosser Süsswasserbecken im Westen hin.

Als mit dem Ausklingen der Kreidezeit jene tectonischen Bewegungen begannen oder sich bemerklicher machten, als deren Resultate die Ketten des Felsengebirges und der Wahsatch-Berge sich erheben, wurden von der immer noch ungeheuren Wassermasse des Laramiemeeres hier und dort einzelne Theile abgeschnitten. Langsam schmolzen diese Landseen zusammen, gleichmässig mit der allgemeinen Erhebung des Landes und der fortschreitenden Entwässerung, an welcher besonders das System des Colorado-Flusses betheiligt war. Von den umgebenden Bergen wurden colossale Massen an Schlamm und Sand in diese Klärbecken gefluthet, wo sie sich aufspeicherten bis zu mehreren tausend Fuss dicken Ablagerungen. Eine reiche Vegetation bekleidete ringsum die Höhen, Eidechsen und Schlangen schlüpften durch das tropische Laubwerk, Krokodile und Schildkröten sonnten sich an den Ufern und eine Fülle von Fischen belebte das Wasser. Amia und Lepi-

dosteus, die noch gegenwärtig in amerikanischen Flüssen lebenden Ganoiden, spielen unter ihnen eine Hauptrolle. Das Säugethierleben muss sich hier ähnlich entfaltet haben, wie es unsere Reisenden von den Seen Inner-Afrikas berichten.

Die ältesten unbestritten tertiären Schichten, Puerco-Formation genannt, finden sich im Nordwesten Neu-Mexikos und im südwestlichen Colorado, und werden in beiden Ländern von Eocän vom Alter der in Uthah und dem nördlichen Colorado verbreiteten Wahsatch-Schichten bedeckt. Ablagerungen von 500—1200 Fuss Dicke zeugen von der Selbständigkeit der Gruppe, noch deutlicher aber spricht die reiche eingeschlossene Fauna, welche von Cope beschrieben ist (1888). Hier finden sich jene plantigraden, fünfzehigen und höckerzähnigen Säuger, welche als hypothetische Urformen schon lange vermuthet wurden. Alle placentalen, wahrscheinlich auch alle aplacentalen Säugethiere jener Zeit besassen diesen Character, fast alle hatten obere Backzähne vom trituberculären Typus, die meisten auch jenen primitiven Bau der Unterkiefer-Molaren, der als tuberculo-sectorial oder quinquetubercular bezeichnet ist. Keine einzige Art theilen die Puercoschichten mit den späteren, keine haben sie aus der Kreidezeit übernommen. Von Gattungen treffen wir die rhynchocephale Eidechse Champsosaurus in den Laramieschichten und in der wahrscheinlich dem Puerco gleichaltrigen Fauna von Rheims; auch Compsemys, eine Schildkröte, lebte schon in dem Laramie-See, während Chelydra im Puerco zuerst auftritt, aber sich bis in die Gegenwart erhalten hat und noch in Nordamerika lebt. Unter den Säugethieren überlebten nur Didymictis und Chriacus den Schluss der Puercozeit.

Die ganze Familie der Periptychidae, die plumpen Pantolambdidae, schliesslich die zu den Beutelthieren gehörenden Multituberculata, die uns seit der Trias bekannt sind, verloschen mit dem Puerco. Ein anderer Zug von Bedeutung ist das gänzliche Fehlen der Unpaarhufer und der Nagethiere. Für manche Formen des späteren Eocäns fanden sich hier die Vorfahren und zweifellos laufen hier schon manche phyletische Linien zusammen.

Die Parallele mit den alttertiären Faunen von Rheims und von Südpatagonien drängt sich von selbst auf und erhält durch das zahlreiche Vorkommen der Multituberculata an diesen drei örtlich so weit getrennten Gegenden eine wichtige Stütze.

Die Zusammenstellung Cope's zählt 10 Multituberculata, 3 Taeniodonta (muthmassliche Vorläufer der Tillodonten des späteren Tertiärs), 50 Creodonta (unter ihnen Mioclaenus mit allein 26 Arten(!?), der Mittelpunkt

der ganzen Ordnung, welcher für mindestens 4 phyletische Linien der Ausgangspunkt wurde), 3 Lemuroiden, 23 Condylarthren (darunter Protogonia als Vorfahren der Perissodactyla, Periptychus als Vorfahren der Artiodactyla), 2 Amblypoden (Pantolambda).

Niemals ist aber an einem anderen Flecken Erde dem Palaeontologen eine reichere Ernte geworden, als in jenen Bad Lands, den Mauvaises Terres von Wyoming, welche durch unzählige kleine und grosse Rinnsale und Erosionsfurchen, die nur nach anhaltendem Regen vom Wasser belebt sind, in ein Labyrinth schroffer Felsen, Säulen und Grate aufgelöst sind, an deren Abhängen der spülende Regen die Skelette längst erloschener Thiergeschlechter freilegt. Die grossartigen Expeditionen, welche auf Anregung des Professor Marsh in Newhaven in diese Einöden gesendet wurden und die ihre wissenschaftliche Aufgabe nicht allein unter Entbehrungen aller Art, sondern auch unter den Angriffen der feindseligen Uta-Indianer vollenden mussten, haben allein von den wunderlichen und riesenhaften Dinoceraten Reste von mehr als 200 Individuen heimgebracht. Der Schwerpunkt der Säugethierforschung ist durch diese ungeahnten Entwickelungen von Europa fort nach Nordamerika gelegt.

Es handelt sich im Westen Amerikas, wie schon gesagt, nicht um eine zusammenhängende Ablagerung, sondern um die verschiedenaltrigen Ausfüllungen mehrerer Seebecken, deren Umrisse sich aber vielfach verschoben, sodass die Ablagerungen theilweise übereinander greifen und sich in eine ganz bestimmte Altersfolge ordnen lassen. Die ältesten Schichten sind in diesen Gegenden die des Vermilion-Creek und der Wahsatch-Berge; sie ruhen discordant auf den Kreideschichten (Laramie) und müssen als unteres Eocän angesprochen werden. Ihre Säugethierfauna, in der die Coryphodonarten vorherrschen, in welcher Eohippus, einer der ältesten aus der Ahnenreihe des Pferdes, Ungulaten, Lemuren, Carnivoren neben den seltsamen Tillodonten lebten, grenzt sich scharf gegen andere ab. Das nächst jüngere und grösste Becken liegt zwischen den Wahsatch-Bergen im Westen, der Uintah-Kette im Süden, der Wind River-Kette im Norden, und wird entwässert vom Green River, dem grössten Nebenflusse des Colorado. Seine Ablagerungen umfassen mehrere geologische Zeitabschnitte, und Marsh unterscheidet insbesondere die untere Stufe als eigentliche Green-River- oder Heliobatis-Schichten, denen die Wind-River-Schichten im Norden entsprechen, und die Bridger- oder Dinoceras-Schichten. Diese sind das Lager jener gewaltigen, von Marsh und Cope beschriebenen Hufthiere (Fig. 113), deren elephantenartig gebauter Körper auf kurzem Halse einen unförmlichen, mit

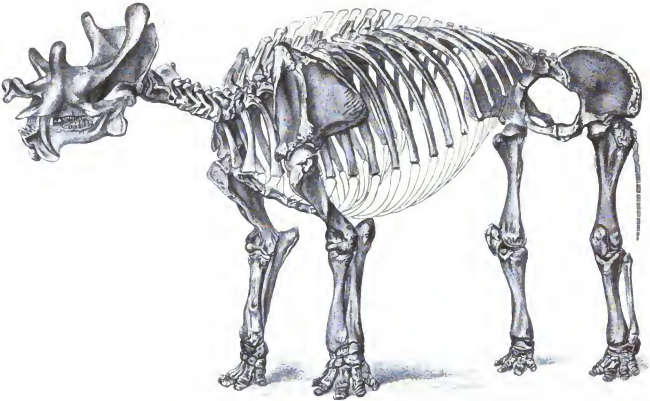


Fig. 113. Tinoceras ingens Marsh.
Aus den mitteleocänen Dinoceras-Schichten von Wyoming. $\frac{1}{30}$ nat. Gr. (Nach Marsh.)

drei Paar Hörnern und zwei mächtigen Hauern bewehrten Kopf trägt. Neben ihnen treten perissodactyle Hufthiere, Tillodonten, Raubthiere (unter ihnen Limnofelis von der Grösse des Löwen), Lemuroiden, Beutelthiere, Insectenfresser, Fledermäuse und Nager in Menge auf, während echte Affen und Edentata noch ganz fehlen. Oestlich des Green River nehmen die Ablagerungen einen in bestimmter Weise abweichenden Habitus an, der auf etwas jüngeres Alter und zugleich Isolirung dieses Beckens hindeutet. Das sind die Washakie-Schichten, welche als höchste Stufe des Bridger Eocäns gelten, aber ebenfalls noch von Dinoceraten-Resten erfüllt sind.

Ein dritter, noch jüngerer See hat seine Spuren südlich der Uintah-Berge hinterlassen, aber der Besuch dieser Gegend ist wegen des feindseligen Characters der Uinta-Utes so gefährlich, dass erst relativ wenig für seine Erforschung hat gethan werden können.

Im Jahre 1886 ging von Princeton eine Expedition von Studenten aus, deren reiche Ausbeute durch die Professoren Scott und Osborn meisterhaft beschrieben ist. Obwohl stellenweise vom Bridger Eocän unterlagert, scheinen die Schichten doch stets durch eine Unterbrechung getrennt zu sein. Diese alten Binnengewässer schwankten und wanderten in Folge der tectonischen Vorgänge, welche das Land ergriffen, vielfach hin und her, aber obwohl die Ablagerungen des Uintah-Sees mit denen des Bridger-Sees hier und da topographisch zur Deckung kommen, so gehören sie doch zwei verschiedenen Becken an, die nicht allein zeitlich, sondern im Ganzen auch örtlich getrennt waren, gleichsam um zwei verschiedene Angelpunkte oscillirten. Faunistisch bilden die Uintah-Schichten den Schluss der älteren, sog. eocänen Schichtenfolge, und haben noch fünf Gattungen mit dem Bridger gemein, während nicht eine Gattung in die nächstfolgenden White-River-Schichten geht. Dennoch werden auch diese durch kein allzu grosses zeitliches Intervall getrennt sein, denn mehrere Uintah-Formen sind offenbar die Vorläufer von White-River-Arten.

Die Miocänzeit (Oligocän z. Th.) hatte ebenfalls ihre grossen Seen im westlichen Amerika, deren Ufer von Säugethieren belebt wurden. Der White-River durchschneidet in seinem Laufe innerhalb Dacotas und Nebraskas versteinerungsreiche Süsswasserschichten, die nach ihm benannt sind, und, wie erwähnt, im Alter sich unmittelbar an die Uintah-Formation anschliessen. Ihnen entsprechen faunistisch die in den Cypress Hills, im North-West Territory Canadas aufgefundenen Schichten, die natürlich einem anderen Seengebiet angehören.

Oestlich des Felsengebirges wurden die Brontotherium- und die jüngeren Oreodon-Schichten abgelagert, in Oregon trifft man die sog. Miohippus-Series, in Kansas die obermiocänen Loup-Fork-Schichten.

Pliocäne Seen endlich lagen sowohl östlich der Rocky-Mountains wie an der Abdachuug nach dem Grossen Oceane, und auch ihre Absätze bergen eine Fülle wohlerhaltener Reste.

Versuchen wir nun, uns einen Ueberblick über die alttertiären Säugethiere und ihre phyletischen Beziehungen zur Gegenwart zu verschaffen.

Seit Huxley's Anregung gilt im Allgemeinen die Anschauung, dass die Beutelthiere nicht die Vorfahren der Säugethiere, sondern beide unabhängige Abzweigungen eines gemeinschaftlichen Urstammes sind. Diesem steht die dritte, heute fast aufgeriebene Gruppe der Kloakenthiere näher als die anderen; vielleicht sind sie directe Nachkommen jener Ahnen, mit denen auch die unvollständig bekannten Multituberculata in nähere Verbindung treten. Die Beutelthiere blieben auf Australien und Südamerika fast beschränkt; nur die südamerikanischen Didelphyiden haben Wanderzüge nach Nordamerika und Europa unternommen, wurden aber durch die Concurrenz mit den höheren Säugethieren am Aufkommen gehindert und starben in Europa bald wieder aus. Niemals ist ein Känguruh-ähnliches oder sonst ein specifisch australisches Beutelthier im fossilen Zustande ausserhalh Australiens gefunden, mit Ausnahme der Dasyuriden, die im Eocän in Patagonien auftauchen, niemals ein Didelphyide in Australien eingewandert. Die Heimath der entwickelungsfähigen, nachjurassischen Beutelthiere muss demnach weiter südlich liegen und ist auf dem antarctischen Festland zu suchen; in getrennten Wanderzügen erreichten sie von hier aus Australien und Südamerika und nur die Dasyuriden sind in beide Continente eingewandert. Eine Verbindung mit Afrika, welches schon zur Triaszeit von den Multituberculaten bewohnt wurde, war nicht mehr möglich, als diese Wanderungen vor sich gingen, ebensowenig mit Neuseeland. In Australien gewannen die Beutelthiere eine Heimath, die ihnen die verschiedensten Lebensbedingungen bot, und da kein Platz von anderen Säugethieren besetzt war, theilten sie sich in ähnlicher Weise in das Reich, wie es jene in den anderen Continenten thaten. Es entstanden Fleischfresser, Insectenfresser und Pflanzenfresser, und die Anpassung an ähnliche Bedingungen führte zu oft überraschenden Analogien oder Convergenzen, die mit phylogenetischer Verwandtschaft nichts zu thun haben, wenn sie auch von manchen noch heute offen oder implicite so gedeutet werden. Wie alt die Beutelthiere in Australien sind, ist schwer zu schätzen; ich möchte aber glauben, dass sie relativ späte Einwanderer sind, da wir ihre Reste fossil

nur im Quartär kennen, und sie nicht vermocht haben, sich nach Asien auszubreiten, das wohl öfter durch die malayische Inselwelt mit dem isolirten Continente in Verbindung trat. Noch auffallender würde diese Einschränkung der Marsupialier hervortreten, wenn auch Neuseeland, wie Suess annimmt, im Eocän mit Australien verbunden war. Hier leben bekanntlich nur einige Fledermäuse (Noctilioniden) und an den Küsten Seehunde (Otariiden), also Thiere, die fliegend oder schwimmend die natürlichen Schranken zu überwinden vermochten; und doch ist das Gebiet für das Gedeihen aller Säugethiere günstig, wie man an eingeführten Arten sieht.

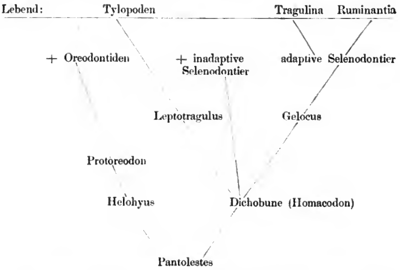
In Südamerika lagen die Verhältnisse für die eindringenden Beutelthiere weniger günstig. Hier trafen sie schon im Alt-Eocän mit den Ahnen der placentalen Säugethiere zusammen; dennoch erhielten sich die Didelphyiden bis in die Gegenwart und spielen noch heute ihre Rolle. Dazu trug jedenfalls die eigenartige Entwickelung der südamerikanischen Thierwelt bei; viele Entwickelungsreihen blieben nach raschem Anlauf zurück und starben aus, die kräftiger veranlagten erkämpften sich den Weg nach Norden und erlebten dort die Zeit ihrer Entwickelung, und neben den schwerfälligen Pflanzenfressern und Edentaten vermochten die kleinen, behenden Räuber ihren Platz wohl zu wahren. Als die Galictis und andere marderähnliche Raubthiere von Norden einwanderten, konnten sie die Didelphyiden nicht mehr verdrängen. Die andere Gruppe der Dasyuriden ging dagegen zu Grunde; nach Ameghino soll sie sich in die Creodonta verwandelt haben, genetisch mit den echten Carnivoren zusammenhängen. Gegen diese Annahme sprechen aber sehr gewichtige Gründe.

Die ältesten tertiären monodelphischen Säugethiere (die Placentalia oder besser Choriata) nähern sich in vielen Punkten den insectenfressenden jurassischen, die Osborn auch direct den Insectivoren anschliesst, besonders in dem Bau der Backenzähne. Die Extremitäten sind voll ausgebildet, ohne Reduction der Fibula im Beine, der Ulna im Arme, mit fünf functionirenden, ziemlich gleich langen und starken Fingern. Der Fuss berührte den Boden mit der ganzen, die Fuss- oder Handwurzel noch mit einschliessenden Sohle, die Backenzähne waren höckrig, von einem bestimmten als tritubercular (oben) und tubercularsectorial (unten) bezeichneten Typus. Durch diese Eigenschaften scheinen alle im Puerco oder Wahsatch-Eocän gefundenen Placentalier mehr oder weniger nahe verwandt. Es ist dies der Ausdruck einer Annäherung von verschiedenen Säugethierzweigen an den gemeinschaftlichen Stamm, nicht mehr. Es herrscht keine Promiscuität, sondern es treten aus der Menge der specifischen und generischen Eigenschaften mehr und mehr die älteren Cha-

ractere hervor, welche zum Ausgangspunkte aller späteren Divergenzen gedient haben und allen placentalen Säugern einmal eigen gewesen sind.

Sämmtliche Hufthiere gehen auf eine Condylarthra benannte Gruppe des Eocäns zurück, die ihrerseits zu fast allen anderen grossen Zweigen des Säugethierstammes in nahe Beziehung tritt. Schon vor längeren Jahren ist versucht worden, die von der Palaeontologie ans Licht gebrachten Verschiedenheiten im Skelettbau der Hufthiere für die Entwickelungsgeschichte zu verwerthen und die Gesetze abzuleiten, nach denen die neueren nothwendig aus den primitiveren hervorgingen. Dass wir durch die Entdeckung der Condylarthra diese primitiven Formen zum grossen Theil thatsächlich kennen und die Abstractionsschemata durch reale Geschöpfe ersetzen konnten, ist ein Erfolg des letzten Jahrzehnts; dass sie fast vollkommen die Postulate erfüllen, die Cope, Marsh u. A. an ihre Auffindung knüpften, kann uns mit Vertrauen auf die Fundamente unserer Wissenschaft erfüllen. Seit Kowalevsky's glänzenden Arbeiten kannte man die Stammform, aus der sämmtliche Wiederkäuer und die Tragulina, gegenwärtig durch Hyaemoschus in Westafrika und Tragulus, das Zwergmoschusthier, in Indien repräsentirt, sich abgezweigt haben, den kleinen, kaum rehgrossen Gelocus des Oligocäns von Ronzon. Ausser den lebenden Wiederkäuern existiren aber noch zahlreiche ausgestorbene, verwandte Gattungen. Kowalevsky suchte den Grund ihres Aussterbens in einer mangelhaften Beschaffenheit des Fussskelettes, in einer „inadaptiven" Verringerung der Anzahl der Knochenstücke gegenüber der „adaptiven" der genannten lebenden Gruppen, der Hirsche, Rinder, Antilopen und Tragulinen. Für beide Reihen existirt aber wieder eine bekannte gemeinsame Wurzel in Dichohune, die im Eocän sowohl in Europa wie in Amerika verbreitet war (dort als Homacodon beschrieben). In Amerika zweigte sich aus den Dichohuniden noch eine dritte, eigenthümliche Gruppe ab, deren Reste heute weit auseinandergesprengt leben, das Lama in Südamerika, die Kameele und Dromedare in Asien und Afrika. Die ganz erloschene, rein amerikanische Sippe der Oreodontiden steht nicht, wie man früher annahm, mit den Tylopoden (Lama, Kameel) in direct genetischer Beziehung; sie entsprosste einer Stammform Protoreodon, die durch Helohyus sich bis zu einer Gattung Pantolestes zurückverfolgen lässt, die zugleich der Ausgangspunkt der Dichobuniden ist. Pantolestes ist der älteste Repräsentant dieser Hufthiere, die als selenodonte Paarhufer oder Artiodactyla bekannt sind, aber besser wohl mit Marsh als Paraxonia bezeichnet werden, weil nicht die paarige Anzahl der Zehen das wesentliche Merkmal ist, sondern die Vertheilung des Körpergewichts auf Zehen, die jederseits der Mittelaxe des Gliedes stehen.

Graphisch lässt sich der skizzirte Entwickelungsgang in folgender Weise veranschaulichen.



Noch weiter zurück verlieren sich die Charactere der „Paarhufer" und sie gehen in jeder Beziehung in die fünfzehigen plantigraden Condylarthra über, die nur schwach entwickelte Hufe trugen. Unter diesen scheint die Gattung Periptychus, aus den ältesten Eocänschichten, nach den Artiodactylen, Protogonia durch Phenacodus nach den Unpaarhufern oder Perissodactylen zu vermitteln, bei denen die Achse des Gliedes durch den Mittelfinger läuft (Mesaxonia). Die meisten Nachkommen der Periptychiden verliessen Nordamerika schon im Eocän; in den alten Bohnerzen von Frohnstetten tauchen ihre Spuren zum ersten Male in Europa auf, aber die Hauptmasse traf viel später ein und scheint sich auf dem Wege vollkommen zu Artiodactylen umgewandelt zu haben.

Die Scheidung der Paarhufer in bunodonte, deren echte Backenzähne schmelzbedeckte Höcker tragen, und in selenodonte, bei denen diese Höcker die Gestalt von Halbmonden annehmen, liegt weit zurück. Cebochoerus, der vielleicht durch Achaenodon direct auf die Periptychiden zurückgreift, gehört schon zu der Linie der Bunodonten; demnach wäre der Stamm der höckerzähnigen Paarhufer, zu dem die Schweine und Flusspferde gehören, in seiner Entwickelung von den andern Artiodactylen unabhängig.

Die grosse Gruppe der Perissodactylen, die im Pferde culminirt, reicht

direct bis auf Phenacodus unter den Condylartbra zurück; die Genealogie der einzelnen Linien ist zu einem hohen Grade von Genauigkeit gebracht, weil hier zugleich einer der seltenen Fälle vorliegt, wo für eine bedeutende und geologisch lang anhaltende Entwickelungsreihe auch die Zwischenformen zwischen den grösseren Stufen erhalten sind.

Schon bei Phenacodus lag die Sohle beim Schreiten nicht mehr platt dem Boden auf, aber es war noch ein weiter Weg bis zu den jüngsten Formen, die nur mehr mit der Spitze der Zehen den Boden berühren. Kaum eine andere Reihe ist durch die Palaeontologie bekannt geworden, die so überzeugend die Wahrheit der Abstammungslehre vor Augen führte. Aus den fünfzehigen entstanden vier- und dreizehige, die Nebenzehen verkümmern, die Mittelzehe tritt überwiegend vor, bis schliesslich auch die letzten Reste der Nebenzehen abgestossen werden und die mit einem starken Hufe bekleidete mittlere als gleichwerthige Fortsetzung der grossen oberen Knochen der Extremitäten erscheint. Gleichzeitig erleiden die Backenzähne eine tiefgreifende Umgestaltung aus niedrigen, spitzhöckrigen Kronen, wie sie Omnivoren zu haben pflegen, zu prismatisch gedehnten, gedrängt aneinander schliessenden Zähnen, die eine breite Mahlfläche für die Zerkleinerung der harten Pflanzennahrung gewähren und der starken Abnutzung theils durch vielfache Verbiegungen und Falten der Schmelzschicht, die den Widerstand erhöht, theils durch länger anhaltendes Wachsthum begegnen. Die productive Thätigkeit des Zahnkeimes erlischt bei den Pferden sehr spät; das Wachsthum der Palaeotherienzähne wurde dagegen noch früh sistirt, wie man an den geschlossenen Wurzeln sehen kann.

Noch gegenwärtig ist die Annahme fest eingebürgert, dass das Pferd, also die eine, systematisch nicht weiter theilbare Gattung Equus, gleichzeitig in Amerika und Europa entstanden sei, aus verschiedenen Ahnen, deren Nachkommen allmählich zu dem einen Genus convergirten. Mehrere thatsächliche Irrthümer haben hier zusammengewirkt, eine Ansicht zu erzeugen, die unvereinbar mit allem ist, was wir über das Wesen der Entwickelung inductiv erfahren haben und deductiv uns sagen könnten, die uns des einzigen Ariadnefadens im Labyrinthe der viel verschlungenen natürlichen Systematik berauben würde. Wir haben viele Beispiele, dass unter dem Einflusse gleicher äusserer Bedingungen sich voneinander unabhängige Parallelreihen entwickeln, deren einzelne Glieder an sich und in ihrer morphologischen Entwickelung correspondiren, aber nicht ein Beispiel ist sicher erwiesen, dass aus verschiedenen Arten eine idente Form entstanden sei. Je mehr man die Wichtigkeit der kleinsten, anfänglich übersehenen Charactere

wie im Zahnbau u. s. w. schätzen gelernt hat, und je mehr die Bedeutung der Wanderungen anerkannt ist, desto fester bürgert sich auch der fast aufgegebene Satz wieder ein, dass dieselbe Art nur einmal entstehen kann, weil niemals und nirgends sich dieselben Entstehungsbedingungen wiederholen können. Die Phylogenese würde jede Bedeutung für die Systematik verlieren, wenn es anders wäre. Was speciell die Entstehung des Pferdes anbelangt, so ist evident, dass die Genera der amerikanischen Ahnenreihe mit altbekannten europäischen zusammenfallen und der angebliche Parallelismus der Entwickelung auf einen auch in anderen Gruppen nachgewiesenen continuirlichen Austausch zwischen beiden Gegenden hinausläuft. Der Ausgangspunkt der ganzen Linie sind die Hyracotherien, die Owen zuerst aus dem Londoner Tertiär kennen lehrte; die jüngsten Vorfahren des Pferdes sind nordamerikanisch (Protohippus und Hippidium), in den weiten Flächen des Westens aus Anchitherium entstanden. Die Schnelligkeit und Ausdauer dieser Thiere erklären zur Genüge die rasche Verbreitung bis in alle zugänglichen Theile der Continente. In Nordamerika verlief die Entwickelung der Equiden continuirlich, alle Zwischenstufen sind dort vertreten, während in Europa die Einwanderer zeitweilig sich rasch ausbreiten, wie Anchitherium im Miocän, aber auch stets wieder verschwinden. Von den Hyracotherien stammt nur eine rein europäische Entwickelungsreihe ab, die Palaeotherien, die nicht über das Oligocän hinausreicht und nur irrig in Verbindung mit der Genese der Equiden gebracht ist; die Anchitherien characterisiren unser Miocän, starben aber am Schlusse dieser Zeit in Europa aus, während sie in Nordamerika zu den unmittelbaren Vorläufern der Pferde hinüberleiten; Hipparion, welches früher als unmittelbarer Vorläufer des Pferdes aufgefasst wurde, war im Pliocän in Europa und Asien weit verbreitet, starb aber noch vor Schluss der Periode ohne Nachkommen aus. Die Gattung Equus ist ein frischer Trieb aus dem nordamerikanischen Stamme. Die Hauptetappen des Entwickelungsganges lassen sich wie folgt darstellen (s. n. S.):

Es führt zu weit, auch die Genealogie der übrigen Unpaarhufer, der Tapiriden und Rhinocerotiden eingehend darzulegen, obwohl sie für jeden, der sich für Entwickelungsgeschichte interessirt, eine Fülle von Anregungen bietet; verfolgt man die Linien zurück, so verlieren die für die Abgrenzung der lebenden Familien betonten Merkmale an Schärfe, andere treten hervor, die auch für die Vorfahren der Equiden characteristisch sind. In dem nordamerikanischen Hyrachhyus erreichen wir eine Form, die für die Tapiriden, Rhinocerotiden und die ausgestorbenen Lophiodonten den Ausgangspunkt

gebildet zu haben scheint, während sie selbst wieder aus den Hyracotherien hervorgegangen ist.

	Alte Welt.	Neue Welt.
Pliocän	← Hipparion	← Equus → Protohippus Merychippus Hippidium →
Miocän	Anchitherium ←	Anchitherium
Oligocän	Palaeotherium	Mesohippus, Miohippus Epihippus
Eocän	Pachynolophus = Hyracotherium = ← ←	Orohippus Eohippus Phenacodus Protogonia

Aus den primitiven Condylarthren gingen auch die colossalen Amblypoden (Fig. 113) hervor, die schon im Eocän ausstarben, während sich in dem kleinen Hyrax Afrikas, dem Klippschiefer, vielleicht noch gegenwärtig ein im Gliedbau wenig veränderter Nachkomme der Condylarthra erhalten hat. Ohne directe Anknüpfung bleiben nur die Toxodontia und Proboscidea. Jene südamerikanischen Formen werden hoffentlich durch Ameghino's Arbeiten weiter enthüllt; die Elephanten erscheinen unvermittelt im Oligocän, und wir haben keinen Anhalt, wo sie ihre erste Entwickelung durchlaufen haben mögen. Als Mastodon tauchen sie in Europa auf, wandern nach Ostasien, werden hier im Pliocän zu Elephas umgewandelt, kehren als solche nach Afrika und Europa zurück und erreichen selbst Amerika, das auch von den Mastodonten im Pliocän bewohnt wurde. Mit grosser Sicherheit lässt sich sagen, dass sie sich sehr früh von den primitivsten Hufthieren abgezweigt haben müssen, denn sie zeigen in der Handwurzel noch ein freies Centrale, ein Knochen, der schon bei den Condylarthra reducirt oder mit anderen verschmolzen ist.

Eine andere Gruppe, die bis vor kurzem allgemein den Unpaarhufern zugerechnet wurde, bilden die Chalicotheriiden, bis an die Grenze des Tertiärs, aber nicht mehr diluvial bekannt. In neuester Zeit scheint nachgewiesen zu sein, dass die Skeletttheile, die in denselben Schichten wie die Zähne von Chalicotherium vorkommen und als Macrotherium und Ancylo-

therium beschrieben sind, demselben Thiere angehören. Sie gleichen so sehr denen der Faulthiere, dass man sie auf solche bezogen hatte. Besassen aber jene Thiere Chalicotherienzähne, so ist man nicht berechtigt, sie zu Edentaten (einer überdies sehr heterogenen Gruppe) zu stempeln; hier überwiegt die Beweiskraft des Gebisses, und das verlangt eine genetische Beziehung zu den Hufthieren. Die Gliedmaassen mögen bei aberranten Formen sich einer ähnlichen Lebensweise angepasst haben, wie sie Orycteropus noch heute entfaltet; Anpassungen der Extremitäten kommen in jeder Ausdehnung vor, wie gleich besprochen werden soll. Das Auftreten angeblicher Edentaten, über deren südamerikanische Entstehung ein Zweifel nicht laut werden kann, in Europa hat schon mancherlei Conjecturen hervorgerufen. Ameghino lässt sie über eine südatlantische Landbrücke einwandern, eine schon deswegen fragliche Hypothese, da Chalicotherium auch im nordamerikanischen Oligocän und Miocän vorkommt, und ausserdem nicht unwahrscheinlich ist, dass Moropus mit Ancylotherium zusammenfällt. Selbst im Wasatch-Eocän kommt in Meniscotherium eine Gattung vor, die in direct genetischer Beziehung zu Chalicotherium zu stehen scheint, während Edentaten bis in das Miocän hinein Nordamerika völlig fehlen.

Sämmtliche Hufthiere gehen, das ist das Resumé der gemachten Erfahrungen, wahrscheinlich auf die Condylarthra, resp. Periptychiden, zurück. Die Entwickelung der übrigen Stämme der Säugethiere ist zum Theil schwieriger zu verfolgen. Die Linien der krallentragenden Säugethiere oder Unguiculaten sind einander im Eocän so nahe gerückt, dass Cope sie zu einer Ordnung der Bunotheria zusammenfasste. Diese Bunotheria bestanden aus den Creodonten als Vorfahren der Carnivoren, den Tillodonten als Vorfahren der Nagethiere, den Taeniodonten als (muthmasslichen) Vorfahren der Edentaten und den Insectivoren, die schon aus dem Jura stammen und demnach dem primären Typus noch am nächsten stehen. In dieser Zusammenfassung wird allerdings manches zu ändern sein. Nach den Funden in Patagonien (deren eocänes Alter von Schlosser bestritten wird) wären Nager und Edentaten mindestens so alt wie Taeniodonta und Tillodontia, und da die ältesten Formen sich räumlich geradezu ausschliessen (unsichere Reste der Taeniodonta in Patagonien abgerechnet), so kann man sie vielleicht von noch unbekannten gemeinsamen Ahnen ableiten, aber nicht auseinander. Man muss nicht vergessen, dass auch Marsh's berühmte Funde aus den Laramie-Schichten uns nicht die Vorfahren der tertiären Fauna, sondern den zusammengeschmolzenen Rest der mesozoischen zeigen. Von nicht geringer Bedeutung ist es, dass einige der ältesten Nager, besonders Plesiarctomys

(Uinta-Formation) sich im Zahnbau demselben dreihöckrigen Typus annähern, der auch die alten Condylarthra, Creodonta und Lemuroidea beherrscht. Das macht ihre directe Ableitung von Marsupialiern wenigstens unnöthig. Aber wann die erste Zertheilung dieser alten „Trituberculata" begann, das wissen wir nicht; sicherlich schon in der mesozoischen Aera.

Die vielgenannten Condylarthra schliessen sich den ältesten Unguiculaten eng an; oft lässt sich gar nicht entscheiden, ob die Endphalangen zu Huf- oder zu Klauengliedern umgeformt sind. Die Hufe des condylarthren Periptychus und des creodonten Mesonyx unterscheiden sich wenig. Auch die Anthropoiden gehen durch lemurenähnliche Vorfahren auf Typen zurück, die den Condylarthra ähnlich sind. Die Abänderungen im Skelettbau dieser Gruppe sind geringer als bei den anderen. Der Mensch steht mit dem plantigraden, fünfzehigen Fuss und anderen Merkmalen dem primitiven Typus der Urzeit noch recht nahe, und die Geringfügigkeit der Abänderungen tritt besonders beim Hinblick auf die eocänen Affen Patagoniens hervor. Die Energie des Wachsthums wurde dem Ausbau des Gehirnes zugewendet.

Die Ableitung einiger grösserer Gruppen ist noch nicht berührt. Die Pinnipedier (Seehunde u. s. w.) zweigten sich direct von einem eocänen Creodonten ab, vom Ursprunge der Edentaten, Sirenia und der Walfische ist nichts bekannt. Die Ableitung der Edentaten von den Calomodonten findet eine gewisse Unterstützung im Bau des Gebisses von Calamodon, dessen Backzähne einfache Wurzeln, cylindrische Kronen, unvollständigen Schmelzbelag und Cäment besitzen; da aber die Zusammenstellung von Calamodon mit dem creodonten Esthonyx in eine Ordnung (Tillodontia) wenig innerliche Wahrscheinlichkeit hat, sondern beide Typen fundamental getrennt erscheinen, so kommen wir hier nicht viel weiter. Die Edentatenreste Patagoniens sollen älter sein als die Wasatch-Schichten Nordamerikas; der Ursprung der für Südamerika seit alten Zeiten so characteristischen Gruppe dürfte auch dort zu suchen sein.

Die Sirenia werden hypothetisch als Hufthiere aufgefasst, welche in Folge veränderter Lebensweise eine tiefgehende Umprägung erlitten haben; im Schwund der hinteren Extremitäten und der Verkümmerung der Backenzähne, die bei Rhytina zur völligen Zahnlosigkeit führt, bieten sich manche Parallelen mit den Walfischen, die aber keinenfalls auf näherer Verwandtschaft beruhen.

So viel lässt sich mit Sicherheit annehmen, dass auch die Walfische keine primitiven Thiere sind, sondern einen einschneidenden Anpassungs-

process durchgemacht haben, der den ursprünglich landbewohnenden Thieren den Aufenthalt im Wasser möglich machte und sie schliesslich auf dieses Element beschränkte.

Ebensowenig wie man die einfachen Zahnkegel der Zahnwale als ein primitives Stadium der Bezahnung auffassen darf, ebensowenig ist es richtig, in den Flossen der Wale ein Erbtheil aus geologisch fernen Zeiten zu erblicken. Zweiwurzlige, mehrzackige Zähne wurden reducirt zu einwurzligen, glatten Kegeln, und schliesslich ganz abgestossen, da das Meer weiche Nahrung in Hülle und Fülle bietet und die Seihvorrichtung der Barten ihnen mehr nützt als gewaltige Fangzähne. Die hinteren Extremitäten verkümmerten, die vorderen wurden dagegen in bestimmter Richtung differenzirt, da die Thiere sie als Ruder zu gebrauchen hatten. Die Rollgelenke zwischen den Fingergliedern wurden reducirt, das in einen festen Handschuh geschlossene Glied erlangte den Character eines breiten und doch elastischen Ruders. Da die Rippen für den vom Wasser getragenen Eingeweidesack keine Stütze herzugeben brauchen, lockert sich auch ihre Gelenkung an den Wirbeln, die Knochen wurden schwerer und massiger, weil dadurch der Riesenkörper im Wasser erst lenkbar wird, der Schwanz wurde zu einer gewaltigen Endflosse, welche wie eine Schiffsschraube fungirte und die Thätigkeit der Flossen auf die Erhaltung des Gleichgewichtes und die Steuerung herabsetzte, die Naseulöcher rückten weit nach hinten, so dass das Thier Luft einzuziehen vermag, ohne den Rachen aus dem Wasser zu heben, und die Halswirbel verkürzten sich und verwuchsen, weil eine selbständige Beweglichkeit des Kopfes gegen den Rumpf in einem Medium, das jede Wendung des ganzen Körpers, selbst eine völlige Umwälzung, mit Schnelligkeit auszuführen gestattet, überflüssig ist. Die Anpassung hat seit sehr langen Zeiten wirken können, da Cetaceen schon aus dem Eocän bekannt sind; es wird daher schwer gelingen, den Anknüpfungspunkt an eine Linie der landbewohnenden Säugethiere wiederzufinden. Kükenthal, Dames u. a. vertreten auch die Meinung, dass die Zusammenstellung der Zahn- und Bartenwale in eine Ordnung entwickelungsgeschichtlich nicht begründet ist, sondern dass die durch gleichartige Anpassung an gleiche Lebensbedingungen erzielte Convergenz der Formen täuscht.

Eine besondere Erwähnung verdient das Skelett der Flossen. Alle Säugethiere (auch die Beutelthiere) gehen zurück auf landbewohnende, fünfzehige Formen. Die Versuche, die Cetaceen als Urformen hinzustellen, sind als verfehlt zu betrachten, und ebenso ist die Hypothese (die übrigens bei den Palaeontologen niemals grossen Beifall geerntet hat) als widerlegt anzu-

sehen, dass einige überzählige Knochen am Rande der Handwurzel (Sesambeine) die Reste eines früheren sechsten oder gar siebenten Fingers seien. Fünfzehige Reptilien sind die Ahnen der Säugethiere und nur fünfzehige Batrachier können als Ausgangspunkt jener gedient haben. Wenn bei einigen Amphibien (Cryptobranchus, Salamandrella) „Reste" eines „Praehallux" oder „Praepollex" nachgewiesen sind, so fragt es sich auch hier, ob sich nicht etwas Secundäres vorbereitet. Dass die Enaliosaurier, d. i. Ichthyosaurus und Plesiosaurus, sich zu den übrigen Reptilien gerade so verhalten, wie die Cetaceen zu den Säugethieren, haben Häckel, Baur u. A. mit vollem Rechte betont; ihre flossenartigen Extremitäten sind Anpassungen, ihre Vielfingrigkeit beruht auf dichotomer Spaltung.

Zu den vielen Eigenschaften, die bei Walen in causaler Beziehung zum pelagischen Leben stehen, kommt vielleicht noch eine, die allerdings für jetzt sich nur aus Andeutungen erschliessen lässt — die Reduction des Hautskelettes. Wie Fraas bei Ichthyosauren in einer Längsreihe von Hornschuppen am Vorderrande der Finne den Rest eines Hautpanzers sieht, so möchte auch Kükenthal die Platten, die er bei dem indischen Flussdelphin Neomeris phocaenoides am Vorderrande der Finnen und auf dem Rücken fand, als Stütze der Ansicht verwerthen, dass die Vorfahren der Zahnwale einen vielleicht ähnlich wie bei Edentaten (Glyptodon) gestalteten Hautpanzer besassen, den sie erst in Folge der Anpassung an das Leben im Wasser verloren. Eine vor vielen Jahren von Joh. Müller gemachte Beobachtung an fossilen Delphinresten, die Hautpanzerfragmente, die zusammen mit Zeuglodon, dem Zahnwale des Eocäns, gefunden sind, verleihen dieser vorläufig sehr unbestimmten Vermuthung einen palaeontologischen Hintergrund, der sich recht verführerisch ausnimmt.

Wir kommen nun zu der Frage, die seit langer Zeit mit Vorliebe unter Gelehrten und Laien behandelt ist, ob es tertiäre Menschen gegeben habe. Wenn man die weite Vertheilung des menschlichen Geschlechtes zu Anfang der Quartärzeit in Betracht zieht, so kann man diese Frage nicht anders als bejahend beantworten. Die Existenz tertiärer Menschen ist ein Postulat, ohne welches auch die morphologische, anatomische Vollendung des menschlichen Skelettes zu Beginn des Quartärs unerklärt bliebe. Eine ganz andere Frage ist, ob der wichtige Fund schon gemacht ist.

Es hat sich, nachdem die Phantasien der Ultradarwinisten als solche erkannt sind, eine Abneigung eingebürgert, an die Existenz tertiärer Menschen zu glauben; man steht allen Funden sehr kritisch gegenüber, und das ist auf jeden Fall gut, sei nun auch die Ursache religiöse Bedenklichkeit, die

Traditionen der Schöpfungslehre einzureissen, oder aus geistigem Hochmuth entspringende Scheu, mit der Thierwelt in nähere Verbindung zu gerathen.

Man hört äussern, dass jedes Suchen nach tertiären Menschenresten von vornherein als vergeblich betrachtet werden müsse; unter den höheren Wirbelthieren haben keine einzige Art die Tertiärzeit überdauert [1]), und schon in den mittleren Lagen dieser Formation, im Miocän, träte uns eine von der heute lebenden sehr verschiedene Säugethierfauna entgegen. Will man damit überhaupt tertiäre Vorfahren des Menschen leugnen, so kehrt man zu dem Dogma zurück, dass der Mensch plötzlich aufgetreten, dass er das Erzeugniss einer Schöpfung sei. Es fragt sich aber, ob man nicht für das Tertiär bestimmte Zugeständnisse an Formschwankungen und Abweichungen zu machen hat. Die Definition des menschlichen Skeletts ist auf Grund der Beobachtungen an Zeitgenossen und Grabstätten verschiedenen Alters festgestellt; seit einigen Tausend Jahren hat sich allerdings am menschlichen Knochenbau nichts Wesentliches geändert; selbst die fortschreitende Reduction der Zähne ist nicht sichergestellt. Aber was beweist das? Wer nicht mehr an vereinzelte Schöpfungsacte für jedes Thier glaubt — und die Resultate der Palaeontologie lassen diesen Glauben nicht mehr aufkommen — sondern an eine grossartige Entwickelungsgeschichte des Organischen, der sieht auch im Menschen nicht mehr ein Geschaffenes, sondern ein Gewordenes. Jedes Werden setzt aber Veränderungen voraus. Nichts ist wahrscheinlicher, als dass die Ahnenreihe des Menschen im Tertiär abwärts allmählich, in Summirung solcher Veränderungen, zu abweichend gestalteten Formen führt, die dann zugleich als Stammeltern der lebenden anthropoïden Affen zu gelten haben. Es wird anerkannt, dass der Mensch in enger Beziehung zu den grossen Affen Gorilla, Orang, Gibbon und Chimpanse steht, und dass die Simiidae wie die „Hominidae“ durch mehrere gemeinsame Merkmale den Quadrumanen gegenüber ausgezeichnet sind. Wo die Linien zusammenlaufen, ist noch unbekannt, ebenso der Zeitpunkt, wo wir zuerst von einer Herausbildung des Typus Mensch reden können.

Die Seltenheit menschlicher Gebeine in den Ablagerungen der Erde ist eigentlich selbstverständlich. Obschon die Spuren seiner Thätigkeit im echten Diluvium nicht allzu selten sind, so können wir Reste des Körpers nur erwarten, wenn er in Höhlen lebte und starb, oder wo er Begräbnissplätze anlegte. Elementaren Ereignissen fiel er seltener zum Opfer als die leicht verwirrten Thiere, und auf der Oberfläche der Erde zerstreute Knochen

1) Ein Satz, der natürlich von der Auffassung des Pliocäns abhängig ist, aber sich heute gar nicht mehr aufrecht halten lässt.

werden spurlos aufgelöst. Die Sitte, die Todten zu begraben, ist erst durch das Zusammenleben bedingt. Es werden lange Zeiten vorausgegangen sein, wo man den Leichnam liegen liess und weiter zog, oder, wenn man einen günstigen Aufenthalt und Schutzort nicht wechseln wollte, den Todten einfach bei Seite schaffte. Es gab auch jedenfalls eine Stufe, wo man noch nicht verstand, die Steine kunstgerecht zu schlagen. Damit ist dann wieder ein Anhaltspunkt geschwunden. Wo haben wir denn Reste der menschenähnlichen Affen? Aus der Tertiärzeit wenige, vereinzelte Zähne und Knochen, aus dem Quartär der Tropen keine Spur. Und doch sind sie weit verbreitet gewesen und haben ihre lange Geschichte, wie der Dryopithecus im französischen Pliocän und das Vorkommen eines zu der afrikanischen Gattung Troglodytes (Gorilla) gehörenden Zahnes im Pliocän Indiens beweisen. Nur der Zufall kann das Dunkel lichten, das über dieser Materie liegt, die Regel ist, dass die Reste der Landbewohner rascher und sicherer der Zerstörung anheimfallen als die der Seethiere, über welche das Meer einen schützenden Mantel legt.

Eine Zeit lang glaubte man in der Entdeckung des Dryopithecus in den miocänen Süsswasserschichten bei St. Gaudens am Fusse der Pyrenäen einen auch für die Geschichte des Menschen hochwichtigen Beitrag erbracht zu haben. Lartet sprach die Reste mit Bestimmtheit für die eines Anthropoiden an, der zoologisch in der Bezahnung und der Verkürzung des Gesichtstheiles dem Menschen näher stände als der Chimpanse. Das Interesse an diesem Funde wurde gesteigert, als bekannt wurde, dass in gleichaltrigen Schichten geschlagene Feuersteinmesser vorkämen. Abbé Bourgeois, selbst ein tüchtiger Geologe, entdeckte sie im Miocän von Thenay, bei Pont-Levoy (Loir-et-Cher). Anthropologen von Ruf, wie De Vibraye, De Mortillet und Quatrefages traten seiner Deutung bei. Gaudry liess sich an Ort und Stelle führen und überzeugte sich, dass die Schicht mit den als Artefacten betrachteten Feuersteinen ganz regelmässig den Kalkstein von Beauce unterlagert. Die Frage dreht sich nur darum, ob die Feuersteine in der That geschlagen sind oder nicht. Damals drängte Gaudry seine Zweifel gegenüber dem Ausspruche competenter Anthropologen zurück und wies nur auf die unendlich lange Zeit hin, welche jene mittelmiocänen Ablagerungen von der Jetztwelt trennt. „Wie man sich auch die Art, in der so viele Umänderungen sich vollzogen, vorstellt, ob man sie als Resultate verschiedener und unabhängiger Schöpfungsacte auffasst oder als die Resultate langsamer Umänderungen, so wird doch kein Geologe zweifeln, dass zu ihrer Vollziehung eine ganz unendliche Zeit nothwendig war. Nicht eine einzige

Säugethierart der Mittelmiocän-Zeit ist mit einer lebenden identisch. Wenn man sich auf den Standpunkt des reinen Palaeontologen stellt, so kann man schwer glauben, dass die Verfertiger der Feuersteingeräthe von Thenay inmitten dieses allgemeinen Wechsels bewegungslos verharrt hätten. Wenn daher nachgewiesen worden wäre, dass die Feuersteine des Calcaire de Beauce, die Herr Abbé Bourgeois gesammelt hat, künstlich geschlagen sind, so würde sich mir auch der Gedanke als der natürlichste aufdrängen, dass es der Dryopithecus war, der sie schlug". In positiverer Form pflegte man später (und den zugestandenen Thatsachen gegenüber nicht ohne Consequenz) zu sagen, dass der Dryopithecus der muthmassliche tertiäre Vorfahre des Menschen sei, noch affenähnlich in Gestalt und Bau, aber von höherer Intelligenz als die lebenden Anthropoiden, fähig, sich aus Steinen Geräthe zu machen, die zweifellos zu anderen technischen Thätigkeiten dienten.

Ein neuerdings gefundener und von Gaudry wiederum untersuchter Unterkiefer lässt nun allerdings die sogen. menschliche Gesichtsbildung in einem anderen Lichte erscheinen. Man beurtheilt gewöhnlich den Prognathismus nach dem Profil der Kiefer. Schon hiernach würde dieses Merkmal beim Dryopithecus weit mehr ausgebildet sein, als bei den unter den Menschen tief stehenden Hottentotten. Einen richtigeren Massstab als der Kinnwinkel liefert aber die vergleichende Messung der ganzen Zahnreihe. Dann ergiebt sich für den Dryopithecus eine ganz auffallende Verlängerung; in Procentzahlen erhält man für den Dryopithecus 177, für den Gorilla 166, für den Orang 144, für den Chimpanse 184, für einen Hottentotten aber nur 98. Diese schnauzenartige Verlängerung contrastirt jedenfalls scharf mit der menschlichen Gesichtsbildung. Die von Lartet mitgetheilten abweichenden Resultate sind darauf zurückzuführen, dass der erstgefundene Kiefer einem jungen Individuum angehörte; mit der Zahnreihe entwickelt sich auch der Prognathismus erst besonders im Alter.

Eine andere Eigenthümlichkeit des Dryopithecus ist der geringe Platz für die Zunge. Auch hier existirt eine Stufenleiter vom Kaukasier abwärts zum Hottentotten und durch die anthropoiden Affen zu ihrem miocänen Genossen. Die menschliche Zunge kann sich sehr in die Breite ausdehnen, weil die halbkreisförmige Krümmung des Unterkiefers viel Platz zwischen den echten Backzähnen lässt, sie kann sich aber auch sehr in die Länge strecken, weil, besonders bei den weissen Rassen, der untere Theil des Kinns stark nach vorn gedrängt und die Knochenwand des Kinns so verdünnt ist, dass sie unterhalb der Schneidezähne oft durchscheinend wird. Es bedarf keiner Ausführung, wie wichtig der unbehinderte Spielraum der Zunge für

die Entwickelung der articulirten menschlichen Sprache ist. Die Zahnreihen sind bei Dryopithecus fast parallel gestellt, einander stark genähert, die Kinnwand zugleich so verdickt, dass man nur bei den nicht menschenähnlichen Affen gleiche Verhältnisse findet. Bei Macacus ist die Zunge schmal, hinten sehr dick, vorn dünn und weniger geschmeidig als beim Menschen, und ebenso müsste sie bei Dryopithecus sein. So kann er auch nicht als Bindeglied zwischen den der Sprache mächtigen Menschen und den unarticulirt schreienden Thieren betrachtet werden.

Diese geistreiche Folgerung hat etwas frappirendes, aber die ganze Bedeutung, die Gaudry ihr zumisst, kann ihr kaum zugestanden werden. Die Bildung der Laute geht doch zunächst von den Stimmbändern aus, ihre Individualisirung hängt in letzter Linie von der Gestalt des Gaumens, der Mundhöhle u. s. w. ab, diese allerdings wird modificirt durch die verschiedenartige Stellung der Zunge. Die Zunge der gegenwärtigen Menschen ist sehr vollkommen zu diesem Zwecke ausgebildet; dass Wortbildung auch ohne dies möglich ist, lehrt das Nachahmungstalent von Papagei und Staar. Man kann folgern, dass die Gewohnheit des Sprechens zum Aus- und Umbau der Kieferpartie beigetragen habe, aber die Umkehrung ist kaum zulässig, dass nämlich die Sprache erst möglich geworden sei, nachdem die anthropoide Bildung des Kinns überwunden war. Hier schleicht sich wieder eine teleologische Betrachtung ein. Der Ursprung der Sprache ist nicht allmählich durch osteologische Umwandlungen vorbereitet, sondern er knüpft sich einzig und allein an das erwachende Geistesleben. Nachdem die Menschen schon die ganze Erde umsponnen hatten, schlug hier und dort der zündende Funke ein, entstanden Sprachcentren, deren Wirkung je nach der Bedeutung des Stammes sich auf enge oder weite Areale ausdehnte, aber immer in erster Linie getragen von der Stammesverwandtschaft. Die Unmöglichkeit, die grossen Grundsprachen auf eine gemeinsame Ursprache zurückzuführen, steht dem Postulate der Entwickelungslehre gegenüber, dass das Menschengeschlecht monophyletischer Abstammung ist; der Ausgleich kann nur darin liegen, dass die ältesten Menschen die Sprache nicht hatten, dass erst nach der Scheidung in Rassen, nachdem durch eine gewisse Technik, Formen des Zusammenlebens, gemeinsame Jagd und Verkehr das Bedürfniss nach Mittheilung nach festen Formen strebte, die Menschheit zu sprechen begann. Nach dieser unserer festen Anschauung ist es selbstverständlich, dass auch die miocänen affenartigen Vorfahren des Menschen nicht sprechen konnten, und für die Genealogie belanglos, wenn Charactere nachgewiesen würden, die die Unfähigkeit ergäben.

Der neuerdings gefundene Kiefer des Dryopithecus bestätigt auch die Annahme, die gegenüber Lartet schon ausgesprochen war, dass die Entwickelung der letzten Backzähne, die beim Menschen erst in das 20. bis 30. Lebensjahr fällt (Weisheitszähne), hier relativ rasch nach den anderen Zähnen erfolgte. Man muss nach allem dem Dryopithecus den niedersten Rang unter den Anthropomorphen anweisen, noch unter dem Gorilla, selbst unter den eocänen patagonischen Affen, und wenn vordem schon Zweifel an den Feuersteinen von Thenay, beziehentlich an ihrer künstlichen Bearbeitung wach waren, so müssen diese nun verstärkt wiederkehren. Man weiss ja, dass Feuersteinscherben bei scharfem Temperaturwechsel zerspringen und dass solche Scherben schon mehrfach Verwechselungen hervorgerufen haben. Das eine der von Gaudry abgebildeten Stücke, ein „couteau", sieht allerdings einem Artefacte auffallend ähnlich; man muss diese Frage, die von der des Dryopithecus völlig abzulösen ist, sehr vorsichtig behandeln, denn auch in Südamerika will Ameghino im Miocän, in der „araucanischen Formation" geschlagene Quarzite, gespaltene Röhrenknochen, Feuerstellen und gebrannte Erde gefunden haben.

Reste des Menschen sind im Pliocän sehr selten; in der tiefsten Schicht (dem Piso ensenadense) sind nur kleine Milchschneidezähne vorgekommen, die anfänglich für die eines Affen, Protopithecus bonariensis, gehalten sind. Die dolchähnlichen Fangzähne des Smilodon scheinen als Messer benutzt zu sein; Holzkohlen, aufgeschlagene Thierknochen und eine auffallende Anhäufung junger Scelidotherien werden auch hier auf die Thätigkeit des Menschen zurückbezogen.

Die riesigen Glyptodon-Panzer, die jedenfalls pliocän sind, dienten ihm als Wohnstätte; wie grosse Schilderhäuser sind sie so hingestellt, dass die Bauchöffnung als Eingang diente. Die Knochen sind ausgenommen und abseits geworfen, im Innern findet man zuweilen bearbeitete Hirschgeweihe, Toxodonzähne, aufgeschlagene Knochen; ein Glyptodon-Panzer, der am Rio de Arre gefunden wurde, barg noch das Skelett seines Bewohners. So ersetzten diese ausgestorbenen Edentaten dem Menschen die Felsspalten und Höhlen, in denen er sich in Europa, aber auch in Brasilien, barg. Wie ein Nachhall aus diesen alten Zeiten klingt es, dass die Eingeborenen in S. Paolo die Panzer der kleinen Gürtelthiere, der Epigonen der Glyptodonten, als Wiege benutzen.

Man hat die stratigraphischen Beziehungen, die Ameghino seinen Funden gegeben hat, mit Misstrauen aufgenommen, aber es ist nicht mehr möglich, die ganze Pampasformation, wie es früher Burmeister that, eigentlich nur

ihres petrographischen Characters wegen, als quartär aufzufassen. Sind Menschenreste oder Artefacte in denselben Schichten gefunden, denen die Glyptodonten und andere Thiere entstammen, so sind sie auch tertiär; über das Niveau innerhalb des Tertiärs mag man verschiedener Ansicht sein, ich persönlich bin davon überzeugt, dass die tieferen Lagen der Pampasformation ein sehr hohes Alter haben. Auch Santiago Roth hat Menschenknochen sowohl in der oberen wie mittleren Pampasformation gefunden, und Doering schrieb: „Als im nördlichen Europa noch kaum die Bedingungen für die Existenz des Menschen vorhanden waren, waren die Ebenen von Südamerika von einer kleinen, primitiven Menschenrasse bewohnt".

Nach diesem raschen Blicke auf die Phylogenie der Säugethiere sei noch eines Feldes palaeontologischer Studien gedacht, das in letzter Zeit mit Erfolg bearbeitet ist. Dort dienten die Veränderungen im Skelette dem Zwecke, die Stammesgeschichte aufzuhellen, hier werden sie um ihrer selbst willen studirt und man bemüht sich, die Gesetze herauszuschälen, welche fordern, dass diese oder jene Abänderung eintreten muss und keine andere. Die „Kinetogenese", um einen Ausdruck amerikanischer Fachgenossen zu wiederholen, ist eine der kräftigsten Stützen der Entwickelungslehre geworden, aber weniger der Darwin's, als der Lehre Lamarck's. Die folgenden Sätze sind zum Theil einem wichtigen Werke Cope's entnommen, welcher an der Spitze der Neo-Lamarckianer steht. In ihm verbinden sich exactes Forschen und Naturphilosophie in eigenartiger Weise, und man begreift beim Studium der geistvoll geschriebenen Werke leicht, dass er in seiner Heimath das Haupt dieser neuen Richtung geworden ist.

Vier Momente, Gebrauch oder Nichtgebrauch der Organe, Wohlleben oder Mangel, wirken zusammen, um entweder überschüssiges Wachsthum oder verringertes hervorzurufen. Der willkürliche Gebrauch eines Gliedes bei guter Ernährung steigert sein Wachsthum, mechanische Einwirkungen geben ihm die Form. Druck und Zug, drehende Bewegung in den Gelenken, Druck und Richtung bei der Kaubewegung sind wichtige, formgestaltende Einflüsse. Das Hauptgesetz für das biologische Wachsthum ist daher dasselbe wie für mechanische Vorgänge: Gleiche Ursachen bringen gleiche Wirkungen hervor.

In verschiedenen Stämmen kehren gleiche Formen der Harttheile wieder, wenn sie gleichen mechanischen Bedingungen ausgesetzt waren. Es sei der übereinstimmenden Form gedacht, welche der Kopf des Radius (Speichenbein) bei den Quadrumanen (Mensch, Affe) und den Edentaten (Gürtelthiere u. a.) zeigt, die beide die Fähigkeit haben, die Hand „nach oben" zu

drehen. Wo immer die Eckzähne zur Vertheidigung benutzt werden, treten bestimmte Veränderungen in der Gestalt des Schädels ein, entwickelt sich ein hoher Scheitelkamm (crista parietalis). Eine übereinstimmende Verringerung der Fingerzahl kehrt bei vielen Ordnungen wieder, wo der Gebrauch in bestimmter Weise verstärkt ist. Man vergleiche, wie sich bei dem Jerboa (Dipus aegyptiacus) die vertical gestellten, aussergewöhnlich verlängerten Metatarsalia zu einem Knochen zusammenschliessen, welcher dem Laufknochen der Vögel aufs Aeusserste ähnelt. Das vogelartige Hüpfen auf den Hinterbeinen zog ganz mechanisch diese Consequenz nach sich. Man vergleiche ferner die Brustbeine der Pterodactylen, Fledermäuse und Vögel; bei allen dreien erzeugt die mit dem Flugvermögen gewaltig gesteigerte Brustmusculatur eine kielartige Erhebung auf dem Sternum. Dieselbe Erscheinung kann man aber auch noch anders formuliren: Die homodynamen Theile des Skeletts (wie Hand und Fuss) nehmen am selben Individuum verschiedenartige Formen an, die in directer Beziehung zu den verschiedenen mechanischen Bedingungen stehen, denen sie ausgesetzt waren. Säugethiere, welche die Erde mit einem Paar von Gliedmaassen aufwühlen (grabende Edentaten, Insectivoren, Nager), haben dementsprechende Veränderungen der Gelenke erfahren. Springende Thiere (Känguruh, Jerboa) zeigen eine analoge Reduction der Fingerzahl der hinteren Gliedmaassen. Derartige Convergenzen greifen selbst über den Rahmen einer Classe hinaus. Jede Abänderung und die Weiterentwickelung einer Abänderung ist bei ihrem Anfange bestimmt von dem Material des Typus, von dem sie ausgeht. Dadurch erklärt sich, dass identischer Gebrauch keine identische Wirkung zeitigt. Die Flosse des Fisches bleibt trotz aller Convergenz verschieden von der Finne des Ichthyosaurus, wie diese von der Flosse des Walfisches, der Schnabel der Raubvögel bleibt verschieden vom Hundszahn der Raubthiere.

Die Möglichkeit weitgehender Umbildung wird durch die Plasticität des Knochengewebes begünstigt. Es formt sich geradezu nach den Widerständen, das weiche, spongiöse nach dem härteren, mit dem es in Contact geräth. Es handelt sich hier um die Wirkung von Impulsen, deren regelmässige Wiederkehr einen Reiz auf die Form des Wachsthums ausübt. Die Benutzung von Momentaufnahmen hat sich für die Beurtheilung der wahren Bewegung in den Gelenken von hohem Werthe erwiesen.

Zunächst fällt die Beeinflussung der Proportionen auf. Die niedrigst stehenden Säugethiere (Beutelthiere, Insectenfresser, Nagethiere, Faulthiere) haben mit Ausnahme extrem specialisirter Springer, wie Känguruh, Jerboa, Kaninchen kurze Beine, Hufthiere, Elephanten, Fleischfresser und Anthropo-

morpha sehr verlängerte. Besonders gilt das für die Formen, die an der Spitze ihrer Ordnung stehen (Hirscb, Antilope, Pferd, Elephant, die grossen Katzen, Hyäne, Mensch). Die Ursacbe liegt im Gebraucb. Bei Thieren, die auf den Hinterbeinen gehen, sind es diese, die in gerader Ricbtung verlängert sind; beim Elephanten sind alle vier Beine gleichmässig gestreckt. Springende Tbiere haben noch mehr verlängerte Hinterbeine, die in der Ruhe geknickt, bei der Bewegung plötzlich gestreckt werden. Bei Tbieren, die mit den Armen klettern, werden diese verlängert (Anthropomorpba), bei denen, die mit allen Vieren klettern, alle Beine (Faulthiere). Diese Verlängerungen summiren sich aus kleinen Vergrösserungen allmählich im Laufe geologischer Zeiten. Druck und Zug oder Streckung, obwobl einander entgegengesetzt, üben denselben Anreiz. Druck tritt bei böheren Säugethieren besonders im Fusse auf und hier wieder in den Mittelfussknochen und Fingern, wodurch allmählich Digitigradismus entstebt (Pferd).

Bei Formen, die Soblengänger bleiben, kann sicb das Femur verlängern (Elepbant), oder Femur und Tibia (Quadrumana), oder alle drei Segmente (Tarsius spectrum).

In allen diesen Fällen ist der verscbiedene Gebrauch deutlich von Einfluss; bei springenden Thieren verlängern sich die distalen, bei gehenden oder laufenden die proximalen Segmente. Die im Sprunge sich fortbewegenden Thiere benutzen entweder alle vier Beine (z. B. Hirsche), oder die hinteren Beine (Jerboa, Känguruh). Nichtspringende Thiere (Elepbant, Quadrumana, Bären) sind stets plantigrad, haben sehr kurze Füsse, aber hohe Schenkel und meist auch Tibien. Es geht bieraus hervor, dass die Elemente sich verlängern, die den Hauptdruck bei der Bewegung empfangen. Bei digitigraden Tbieren sind es die Finger, bei plantigrader Sohle die in einer Linie stehenden Beinknochen, nicht der nach vorn liegende Theil des Fusses.

Bei einigen Quadrumanen wirkt die Benutzung des Fusses zum Greifen dem Druck entgegen, so dass Fuss und Hinterbein gewöbnlich kurz bleiben. Umgekehrt kommt bei Tarsius noch die Sprungbewegung zu der Bewegung auf Bäumen, daber tritt Verlängerung des Hinterfusses ein, aber nicht der Mittelfussknocben und der Finger, die zum Greifen dienen, sondern der Fusswurzel; Astragalus und Calcaneus, besonders der letztere, der bei plantigraden Thieren dieser Lebensweise den Hauptdruck erhält, werden enorm verlängert.

Die Streckung ist besonders von Einfluss bei Thieren, die sich an Bäumen aufhängen, und muss natürlich den entgegengesetzten Muskelzug

überwinden. So bei den Faulthieren, die ohne jede Muskelanstrengung vermöge der hakenförmigen Biegung ihrer Klauenglieder hängen; bei ihren Vorfahren war diese Biegung willkürlich, jetzt ist sie durch Modification der Gelenke fixirt. Auffällig zeigt sich die Streckung besonders in den Vorderbeinen von Affen, die sich schwingend fortbewegen, wie Hylobates. Bei Faulthieren, noch mehr aber bei den Fledermäusen, die nur an den Hinterbeinen hängen, erfahren auch die oberen Knochen der Fusswurzel, Astragalus und Calcaneus, eine starke Verlängerung. Es kommt hier hinzu, dass die Flughaut einen seitlichen Zug ausübt, der besonders den Calcaneus trifft. Man findet ihn nicht allein enorm verlängert, sondern die Verlängerung sogar abgegliedert.

Nichtgebrauch zieht zunächst den Verlust der Gelenkcondylen (Knöchel) nach sich und führt zur Verkürzung des Gliedes. In welchem Grade die Muskeln an ihren Ansatzstellen das Wachsthum des Knochens beeinflussen und geradezu Verzerrungen hervorbringen, lehren die Oberarmknochen grabender Thiere (Maulwurf, Gürtelthier, Orycteropus, Cloakenthiere). Zerren die Thiere, wie das ausgestorbene Riesenfaulthier oder Megatherium, ihre Nahrung von oben herab, so wird auch das Schulterblatt verändert.

Von ganz besonderem Einflusse ist es, wenn Säugethiere sich dem Leben im Wasser anpassen (s. auch oben). Cope verweist auf die morphologische Stufenleiter, welche die Gliedmaassen von Fischotter, Seehund, Seekuh und Walfisch bieten. Als Ruder soll das Glied ein festes Blatt sein. Zuerst wird es willkürlich steif gehalten, durch Nichtgebrauch verliert sich die Kraft des Beugens und Streckens, die Muskeln atrophiren, die Gelenke werden unbeweglich, die Condylen verschwinden. Schon bei Musteliden beginnt dieser Vorgang. Der Musculus gluteus maximus greift bei Putorius vison bis zum Unterrande des Wadenbeines hinunter, wodurch der Schlag gegen das Wasser an Kraft gewinnt. Darauf folgt Verkürzung des Schenkelknochens.

Schwerer ist bei Cetaceen die Vielgliedrigkeit der Finger zu erklären, besonders da festgestellt ist, dass diese bei Embryonen höher ist als bei Erwachsenen.[1]. Kükenthal hat sich letzthin mehrfach mit diesem Thema beschäftigt und kommt zu folgenden interessanten Schlüssen. Er geht von der Thatsache aus, dass bei den im Wasser lebenden Säugethieren aus physiologischen Gründen eine Verlangsamung der Verknöcherung eintritt, welche

1) Fraas glaubte bei Ichthyosauren gefunden zu haben, dass schon bei Embryonen die Längsreihen vollzählig sind, dagegen mit dem Alter eine Vermehrung der Phalangenglieder eintritt. Kükenthal ist auch hierin abweichender Ansicht.

sich auch auf die Phalangen erstreckt. Diese haben, wie bekannt, bei Walen, Sirenen und vielen Robben doppelte Epiphysen, die lange knorplig bleiben und beide je einen Knochenkern erhalten. Die Arbeitsleistung der Vorderflossen bringt ferner die Forderung der Vermeidung langer Knochen mit sich; einmal wurde diese Forderung erfüllt durch Verlangsamung der Verknöcherung der Diaphyse und durch Gleichartigwerden mit den beiden Epiphysen, dann aber durch Trennung der letzteren von ersteren, so dass also an Stelle der ursprünglichen Phalanx sich drei gleichartige kleinere, nicht durch eigentliche Gelenke verbundene Skeletttheile anlegen. Dieser bei den Sirenen im Entstehen begriffene Process geht von dem letzten Fingergliede proximalwärts und wandelt eine Phalanx nach der andern um. Der nochmalige Zerfall der secundären Phalangen, die ja auch wieder doppelte Epiphysen haben, ist nicht ausgeschlossen.

Die scheinbar im Widerspruch mit dieser Ansicht stehende Thatsache, dass die Jugendstadien der Wale mehr Phalangen an jedem Finger haben als die Erwachsenen, erklärt Kükenthal durch das Zusammenwirken zweier ganz verschiedener Processe. Der eine ist auf das Princip der Bildung kleiner Skeletttheile zurückzuführen, der andere tritt bei den pelagischen Säugethieren ein, welche ihre Vorderextremität nicht mehr zum Rudern, sondern nur zum Steuern und Balanciren verwenden. Bei den Walen geschah dies durch die Ausbildung des Schwanzes zu einem nach dem Princip der Schiffsschraube functionirenden Bewegungsorgan. Dadurch wurden die Vorderflossen aus ursprünglichen Bewegungsorganen in Organe zur Steuerung umgewandelt, und für die letztere Function waren lange Vorderextremitäten hinderlich, es trat eine Verkürzung der Flosse ein, wie wir dies in der That entwickelungsgeschichtlich verfolgen können, und die Hand in Hand damit gehende Verkürzung des Handskelettes erfolgte durch Verschmelzung und endliches Verschwinden der kleinen Endphalangen.

Die Finger werden durch Gebrauch oder Nichtgebrauch in Form und Proportionen auffallend beeinflusst. Bei Seehunden, denen der Innenfinger als Hauptstütze beim Ersteigen des Ufers dient, wird dieser enorm verlängert. Die schwerfälligen Hufthiere der älteren Tertiärzeit (Amblypoda) und die massigen Unpaarhufer Menodus, Rhinoceros und Lophiodon besitzen relativ breite, aber sehr kurze Fingerglieder. Ganz wesentlich ist auch die Anzahl der Finger auf jene Momente zurückzuführen. Diejenigen, welche bei rascher Bewegung am meisten Druck und Zug auszuhalten haben, verlängern sich; hier wird das zum Wachsthum verfügbare Material angehäuft, während es den diesem Stimulus nicht ausgesetzten Zehen verloren geht.

Die Bewohner weicher, sumpfiger Gegenden weisen regelmässig mehr Zehen auf als die des trockenen Landes, welches den Anschlag des Fusses ungemildert zur Rückwirkung bringt und allgemein das Terrain rascher Bewegung ist. Die ältesten fossilen Säugethiere hatten fünf Zehen von fast gleicher Länge. Es hing nun das weitere Schicksal sehr davon ab, wie der Fuss gehalten wurde, in welchem Winkel er den Boden berührte. Sohlengänger oder plantigrade Thiere halten die Füsse genau vorwärts; die mittleren Finger verlassen den Boden zuletzt und berühren ihn zuerst wieder, werden also angereizt auf Kosten der anderen. Das trifft für alle Hufthiere zu; so entstanden die zwei parallel gestellten Finger der Paarhufer (Wiederkäuer, Schweine), so der einzeln verlängerte Finger der Unpaarhufer (z. B. Pferde). Warum in einem Falle sich Paarhufer, im anderen Unpaarhufer bilden mussten, das mag, wie Marsh hervorhob, wieder mit der Beschaffenheit des Terrains zusammenhängen. Die fünfzehigen, plantigraden Vorfahren der Paarhufer lebten wohl in Sümpfen und Morasten; bei der Bewegung auf dem schwammigen, leicht durchtretenen Boden wurden die Finger gespreizt, nach allen Seiten, wie man noch in der Gegenwart beim Nilpferd und selbst bei einigen echten Schweinen beobachten kann. Die Hyracotherien dagegen, die Vorfahren der Unpaarhufer, scheinen härteren Untergrund bevorzugt zu haben; die Gelenkung im Hinterfusse ist schon sehr versteift, der dritte oder Mittelfinger auch etwas länger. Zwar lieben einige Nachkommen, Tapire und theilweise auch die Rhinoceroten, Sumpfgegenden; aber die höchst entwickelten Pferde, die, nur auf eine Endphalanx gestützt, flüchtig die Ebenen durchjagen, verdanken diese extreme Ausbildung der Härte des Untergrundes. Umhüllen fleischige Gewebe die Finger wie mit einem „Handschuhe“ (Dromedare), oder liegen sie auf elastischen Ballen, welche den Druck ausgleichen, wie bei Fleischfressern, so ist die mechanische Wirkung eine andere. Andere Umformungen treten auch ein, wenn der plantigrade Fuss schräg aufgesetzt wird; beim Känguruh ist die 4. und 5. Zehe besonders verstärkt, beim Menschen die grosse oder Innenzehe.

Eine eingehende Analyse, wie bei den verschiedenen Arten der Bewegung verschiedene Kräfte zur Auslösung kommen, und wie sich dabei die Gelenke im Einzelnen modificiren, lässt sich hier nicht geben. Um aber zu zeigen, dass diese Theorie schon sehr ausgearbeitet ist und eine wichtige Rolle in der Entwickelungsgeschichte wie der Systematik spielt, seien einige Verhältnisse im Vorderfuss der Hufthiere erläutert. Die in Betracht gezogenen Knochen sind der Oberarm (Humerus), der Unterarm (Radius und Ulna), die Handwurzel (Carpus), die Mittelhand (Metacarpus) und die Finger-

glieder oder Phalangen. Die Mittelhandknochen sind verlängerte Knochen wie die Phalangen und ursprünglich in gleicher Anzahl wie die Finger vorhanden; nur wo Finger durch Atrophie verloren sind, gewahrt man zuweilen noch Metacarpalien, die kein Fingerglied stützen. Der Carpus besteht hingegen aus zwei Reihen vielseitiger Knochen, die ein festes Mosaik bilden, an ihren gegenseitigen Berührungsstellen abgeplattet sind und sich hier bei der Bewegung gleitend verschieben. Wird diese Beweglichkeit zwischen zwei benachbarten Elementen aufgehoben, so tritt Verschmelzung ein; so lange als Biegung erforderlich ist, bleibt die Materie aber discontinuirlich. Die Stellung der Carpalia und ihre Namen lassen sich durch folgendes Schema ausdrücken.

	Cuneiforme		Lunare	Scaphoid	
	Unciforme		Magnum	Trapezoid	Trapezium
Metacarpale zu Finger	5	4	3	2	1

Wir finden, dass das Cuneiforme in gerader Linie über dem Unciforme, das Lunare über dem Magnum liegt, und dass mit Ausnahme des Unciforme, gegen das sich zwei Metacarpalia stemmen, jedes Carpalstück der unteren Reihe je ein Metacarpale, resp. einen Finger trägt. Diese Art der Anordnung nennt man linear oder serial, und die Hufthiere, die sie besitzen, taxeopode.

Es ist das primitive Stadium, von dem alle Modificationen sich ableiten lassen. In der älteren Tertiärzeit waren nicht allein die primitiven Hufthiere (Condylarthra), sondern allgemein die höheren Säugethiere taxeopod; bis in die Gegenwart hat sich die lineare Verbindung der Knochen ziemlich rein unter den Hufthieren nur bei dem ganz isolirt stehenden Klippschiefer, Hyrax capensis, sonst noch bei plantigraden Carnivoren und Quadrumanen erhalten. Schon im mittleren Eocän beginnt jene Stellung der Knochen, die wir schematisch so ausdrücken können.

	Ulna		Radius		
	Cuneiforme		Lunare	Scaphoid	
		Unciforme	Magnum	Trapezoid	Trapezium
Metacarpale zu Finger	5	4	3	2	1

Characteristisch ist, dass Cuneiforme, Lunare, Scaphoid, Unciforme und Magnum ein Quincunx bilden, dass die untere Reihe nach innen verschoben erscheint, dass aber die Metacarpalien nicht im gleichen Masse mitgewandert sind und daher zum Theil mit dem weiter nach aussen liegenden Carpuselemente in Berührung gekommen sind, also Finger 2 mit dem Magnum, Finger 3 mit dem Unciforme. Am weitesten hinausgeschoben ist das Tra-

pezium; der dagegen drängende Finger findet daher geringe Stütze und ist der erste, der abgestossen wird (NB. bei Hufthieren; die Greifhand verhält sich anders). Um so fester gestaltet sich das Gefüge der mittleren Stücke, denn die Quincunx-Stellung bedingt zugleich eine Ausbildung von Dachflächen, mit denen die beiden Reihen unter dem Eindrucke der Erschütterung beim Gehen oder Laufen alternirend ineinander greifen. Das ist der Typus der Diplarthrie, den alle Hufthiere erreicht haben, die auch gegenwärtig noch in Blüthe stehen (Diplarthra = Perissodactyla und Artiodactyla). Wenn er, wie bei den Pferden, secundär durch die Reduction der Zehenzahl und dadurch bedingte Verschränkung der Carpalia, die sich fast halbkreisförmig nach hinten zusammenschliessen können, modificirt ist, so war doch jedenfalls im Laufe der Phylogenese dieses Stadium passirt.

Die Erscheinung hat lebhafte Discussionen hervorgerufen. Cope giebt folgende Erklärung: Wird der Fuss aufgesetzt, so rotiren die Kniee nach innen, die Zehen nach aussen. Indem der Körper über das stabile Glied fortrückt, giebt er ihm eine geringe Drehung nach aussen, worauf der Fuss wieder erhoben wird. Es entsteht also beim Berühren des Bodens eine drehende und mit Druck verbundene Bewegung im Gliede, die um so stärker ist, je länger die Gliedmaassen, resp. je stärker die Digitigradie. Der Erfolg der Drehung ist zunächst, dass das untere Ende des Radius sich fast über den ganzen Carpus ausbreitet und die Ulna verdrängt, die schliesslich ganz reducirt werden kann (Pferd). Dann rückt die obere Carpalreihe über die Trennungslinien der zweiten nach aussen, und ebenso werden die Metacarpalia nach aussen gepresst gegen die entsprechenden Stücke der zweiten Carpalreihe. Diese selbst soll sich nicht verschieben, weil sie beim Aufsetzen des Fusses einen Druck nach aussen, beim Aufheben einen Druck nach innen erhält, die sich, weil gleich stark und von gleicher Dauer, neutralisiren.

Rein palaeontologisch lässt sich der Vorgang in folgende Stufenreihe zerlegen, die übrigens auch für die Bildung des Hinterfusses gilt: 1. Aufrichtung des Fusses aus der plantigraden zur digitigraden Stellung; 2. Wachsthum oder Reduction der einzelnen Elemente, Verlust seitlicher; 3. Abweichung von der serialen Anordnung; 4. Verwachsung ursprünglich getrennter Theile. Die Anpassung an die Bodenbeschaffenheit und Ernährungsweise, oder der Zwang zu rascher Bewegung (sei er durch flüchtige Beute oder verfolgende Feinde geübt) leitet die Erscheinungen ein.

Dann kommen Aenderungen in der Bewegungsart der Glieder in Bezug auf die Körperachse in Betracht; so schwinden bei den Pferden die Mus-

keln, welche bei ihren Ahnen eine Drehung des ganzen Fusses ermöglichten, und er kann nur noch vor- und rückwärts bewegt werden. Die Uebertragung des Körpergewichtes auf die Unterbeine wird ungleich, je nachdem dies oder jenes Element überwiegt, und durch die Reduction der Seitenzehen verschieben sich die Hauptlinien von Druck und Zug noch mehr.

Das ausgeführte Beispiel des Vorderfusses der Ungulaten lässt dies alles erkennen. Verschiebung der verticalen Reihen bedingt Wachsthum der einen, Reduction der anderen Elemente, da ja sonst seitliche Theile ohne Unterstützung sein würden und wenigstens im Carpus kein Knochen weggeworfen wird. Diese Verschiebung selbst ist aber nicht eine Folgeerscheinung des Wachsthums. Wie die Belastung zum Wachsthum reizt, so führt seitlicher Druck direct zur Verschiebung. Diese wird z. B. in der Ahnenreihe der Pferde dort gehemmt, sobald das Vorderglied orthale (nur vor- und rückläufige) Bewegung erhält, da hier der ganze Verticaldruck die Mittelachse passirt und alle Elemente zur gleichmässigen Ausdehnung beiderseits auregt. Die Aufrichtung des plantigraden Fusses zur unguligraden Stellung macht die seitlichen kürzeren Zehen nutzlos, die beim Pferde dann sämmtlich reducirt werden. Jeder Schritt in der Reduction der seitlichen Zehen beeinflusst dann wieder das Wachsthum und die Verschiebung der proximaleren Elemente.

Diesen Erscheinungen wird Cope's Theorie, wie Rütimeyer und Osborn zuerst aussprachen, nicht gerecht. Sie erklärt die Verschiebung der Carpalia, aber nicht die der Metacarpalia. Die beim Aufschlag des Fusses entstehende Drehung und der ihr äquivalente Zug musste ja ganz besonders auch die Metacarpalia nach der Innenseite zu verschieben trachten, während sie thatsächlich Druckflächen an ihrer Aussenseite erhalten. Weithofer meinte, dass bei allen Hufthieren, deren Radius grösser als die Ulna ist, die obere Carpalreihe nach aussen gedrängt ist, bei den Elephanten dagegen, deren Ulna der stärkere Knochen ist, nach innen. In der That hängt der Sinn der Verschiebung davon ab, wie das Hauptgewicht des Körpers dem Fusse zugeführt wird, ob durch die Ulna oder durch den Radius; die Intensität beruht aber auf anderen Factoren.

Der Vorderfuss wird, wie wir sahen, beim Schreiten nach Innen gesenkt, trifft mit der Aussenkante auf und verlässt den Boden mit der Innenkante, indem zugleich das Gewicht des Körpers sich von aussen nach innen über ihn fortbewegt. Diese Bewegung bedingt eine limitirte Rotation des Fusses um die Achse der Extremität. Hinterfuss und Vorderfuss verhalten sich allerdings verschieden, weil jener wesentlich dem Vortreiben des Kör-

pers dient, dieser mehr eine Stütze des dem Schwerpunkte nachstrebenden Körpers ist. Die Bewegungen der Hinterfüsse erfolgen fast parallel der Mittelebene des Körpers; die kleinen Abweichungen befolgen keine bestimmte Regel und die Verschränkungen der Tarsalia sind daher sehr variabel. Der nach einwärts schwingende Vorderfuss bedingt dagegen stets nach aussen gerichtete Facetten der Metacarpalia, die den Druck auffangen, und diese Erscheinung tritt sofort ein, sobald das Handgelenk sich steiler stellt, und geht der intercarpalen Gelenkverschiebung voraus. Die stärker gedrückten Carpalia werden zu reciprokem Wachsthum gereizt. Das Unciforme dehnt sich genau so weit nach innen wie das dritte Metacarpale nach aussen. Es bekommt also einen Theil des dritten Fingers noch zu stützen, und da der fünfte Finger länger persistirt als der erste, es also mit drei Fingern in Berührung ist, erhält es sowohl den härtesten Schlag beim Aufsetzen des Fusses mit der Aussenkante, wie den grössten Antheil des Körpergewichtes von oben. Umgekehrt sind in der oberen Carpusreihe Scaphoid und Lunare, weil dem Drucke des breiten Radius ausgesetzt, am meisten beansprucht. Die Gegensätze verschärfen sich, sobald die Reduction der Ulna und des fünften Fingers eingetreten ist. Demnach wachsen sich Unciforme und Scaphoid, als die am stärksten gedrückten Knochen, entgegen; dieses schiebt das Lunare über das Unciforme, jenes das Magnum unter das Scaphoid. Die anscheinende Rotation der oberen Reihe auf der unteren ist also in Wirklichkeit ein Andrängen des Scaphoids und des Unciforme gegen die Mittelachse; bei den dreizehigen Unpaarhufern kommen sie beinahe in Contact. Nun macht sich aber die Reduction der Zehenzahl, die also den Vorgang nicht etwa einleitet (denn schon bei dem fünfzehigen Phenacodus zeigen sich die ersten Anfänge, während Hyrax noch seriale Anordnung beibehalten hat), geltend, um ihn zu modificiren und die gewonnenen Druckflächen zu verschieben. So gab es für alle Unpaarhufer ein Stadium, wo während der Vierzahl der Zehen auch eine Druckvertheilung auftrat, die sonst für die Paarhufer gilt, wo also der verticale Hauptdruck zwischen der dritten und vierten Zehe durchlief. Das Lunare liegt dann fast immer in der Mittelachse und ist oft verbreitert. Der Verlust auch des fünften Zehens bei den dreizehigen Perissodactylen führt Schritt für Schritt zur Verschiebung des Lunare vom Magnum weg; der Hauptdruck geht jetzt allein durch den dritten Finger, die seitlichen Nebenstützen werden functionslos und vom Körper abgestossen; im Monodactylismus der Pferde, der zugleich den Verlust der einwärts gerichteten Bewegung des Vorderfusses bedeutet, concentrirt sich alle Wucht auf das Magnum, das

dem entsprechend wächst und die eingeleiteten Verschiebungen wieder aufhebt, so dass die ursprüngliche seriale Reihe Lunare, Magnum, Metacarpale III wieder hergestellt ist.

In dieser geistreichen mechanischen Theorie, die von Osborn herrührt und in welcher Rütimeyer'sche Anregungen mit Glück verschmolzen sind, ist vielleicht nur die Rolle des Lunare unterschätzt, und nicht scharf hervorgehoben, dass ein plantigrader Fuss nothwendig einer Doppelzügelung durch Radius und Ulna bedarf, wenn er nicht in widerstandsloses Schwanken und Rotiren gerathen soll. Damit wäre auch der Fibula im Hinterfusse eine grössere Rolle zuerkannt, und es ist doch vielleicht nicht etwas „Secundäres", wenn bei den ältesten Hufthieren dieser Knochen bis auf den Calcaneus stösst und an ihm gelenkt.

Mehrfach ist schon das Gebiss der Säugethiere besprochen; es ist auch der Hypothesen gedacht, welche sich bemühen, die so mannigfaltigen Zahngebilde auf wenige oder auf eine Grundform zurückzuführen. Wir wollen diesen Gegenstand hier nochmals etwas ausführlicher nach allgemeineren Gesichtspunkten darstellen, da inzwischen einige Arbeiten erschienen sind, welche eine völlige Umgestaltung unserer Ansichten bezwecken.

Bei allen gelten kegelförmige, in Alveolen eingeschlossene Reptilienzähne als Ausgangspunkt, wie man ja auch die Abstammung der Säugethiere von den Reptilien anzunehmen pflegt. Während aber Cope, Osborn, Schlosser u. A., wie wir schon erwähnt haben, die an dem einfachen Kegel sprossenden Nebenzacken als die erste Anlage des triconodonten, resp. tritubercularen Molaren auffassen, also die ganze reiche Differenzirung des Säugethierzahnes als Auswüchse, Sprossen einer einfachen Form hinstellen, die durch die Mechanik der Kieferbewegung in bestimmte Stellungen gedrängt werden, sehen andere, in Anschluss an die alten Beobachtungen von Geoffroy St. Hilaire, Eschricht und Gaudry, in neuester Zeit besonders Röse und Kükenthal im Säugethiermolar einen Complex verwachsener Reptilzähne, dessen einzelne Componenten in den verschiedenen Zacken, Höckern u. s. w. zum Ausdruck kommen.

Fassen wir zuerst die letztere Hypothese ins Auge. Es ist bekannt, dass im embryonalen Zustande die Bartenwale hinfällige Zähnchen besitzen; schon Eschricht bildete neben einfachen und einwurzligen auch solche mit zwei Wurzeln und zweitheiliger Krone ab. Auf diese Befunde stützte Gaudry vornehmlich seine bekannte geistvolle Theorie, dass die einzelnen Theile der complicirten Molaren den Kronen verwachsener einfacher Zähne entsprechen. „Ce qui frappe tout d'abord dans les molaires des ongulés c'est leur com-

plication. Si nous les comparons, soit avec les canines et les incisives de la plupart des animaux, soit avec les prémolaires antérieures de plusieurs mammifères terrestres, soit avec les arrière-molaires des dauphins et de quelques unes des mammifères secondaires, nous sommes portés à penser qu'elles sont composées de plusieurs dents simples qui se sont rapprochées et intimement unies, ainsi que cela a lieu fréquemment pour les autres parties du squelette. — Dans le cour de cet ouvrage, j'appellerai denticules les parties d'une dent composée qui me semblent correspondre à des dents soudées ensemble."

Es ergiebt sich zugleich aus dieser Stelle, dass Gaudry die kegelförmigen Säugethierzähne, wo immer sie auftreten, also die Schneidezähne und Caninen bei allen, die Backenzähne bei Delphinen, dieselben bei einigen jurassischen Säugethieren für einfache (und ursprünglichere) Gebilde hielt, und dass er auch die Beobachtungen Eschricht's so deutete, dass gelegentlich einfache Zähnchen bei Walfischembryonen zu einem grösseren, mehrwurzligen Zahne verwachsen.

In den letzten Jahren fügte Kükenthal neue Beobachtungen über die Fötalzähne von Bartenwalen den schon bekannten hinzu und zeigte, dass mit zunehmendem Längenwachsthum der Kiefern die Doppelzähne sich zertheilen und in einspitzige zerfallen. Umgekehrt denkt er sich die Säugethierzähne in der Art entstanden, dass bei der Verkürzung der Kiefer, welche die Vorfahren der heutigen Säugethiere bei ihrer Umwandlung aus reptilienartigen Vorfahren erlitten, je eine Anzahl einfacher, conischer Reptilienzähne zur Bildung eines Säugethierbackzahnes zusammentraten. Aber auch der Reptilienzahn gilt ihm nicht mehr als ein einheitliches Gebilde, sondern als ein Zahn „zweiter Ordnung", entstanden durch Verschmelzung mehrerer Einzelzähne, wie sie den Fischen zukommen. Die gezackten Kronen bei Scelidosaurus, Anthodon oder Galesaurus, die begrenzte Zahl der einander ersetzenden Zahngenerationen gegenüber dem unbegrenzten Zahnwechsel bei Fischen deuten nach ihm solche Vorgänge bei der Entstehung des Reptilienzahnes an. Die Zähne der Säugethiere sind also Zähne dritter Ordnung.

Das Princip der Zahnverschmelzung wird auch von Röse aufgestellt. Seine Gründe liegen aber auf anderem Gebiete. Er stützt sich auf die erste, embryonale Anlage der Zähnchen; die Papillen, auf und aus denen die Zähne entwickelt werden, zeigen sich schon bei der ersten Anlage der Molaren (nur um diese handelt es sich) nicht einfach, sondern in so viele Spitzen vertheilt, als der spätere Molar Höcker hat. „Wenn die Abscheidung von Zahnbein und Schmelz beginnt, so geschieht dies zuerst in der

Spitze jeder einzelnen Papille derart, dass der Molar der Säugethiere zu einer Zeit seiner Entwickelung entsprechend der Anzahl seiner späteren Höcker aus der gleichen Anzahl kegelförmiger Einzelzähnchen besteht, welche mit den kegelspitzigen Zähnen der Reptilien grosse Aehnlichkeit haben. Diese einzelnen Zähnchen wachsen dann durch weitere Dentinbildung am Grunde zusammen, bis wir die Krone des fertigen Molaren vor uns haben". Grosses Gewicht wird darauf gelegt, dass mehrere gleichzeitig erscheinende Papillen von der Zahnleiste umwachsen und dadurch zu einer Einheit gemacht werden. Magitot, welcher eine sehr ähnliche Theorie aufgestellt hat, stellt die Sache so dar, dass zuerst eine Papille angelegt wird, auf der als Basis dann so viele Vorsprünge erscheinen, als der spätere Molar Höcker hat. Dieser Befund würde, wie Röse treffend hervorhebt, im Grunde nicht die Verwachsungstheorie stützen, sondern die alte Auffassung, dass jeder fertig gebildete Molar je einem kegelspitzigen Reptilienzahne homolog sei. Ich hebe an Differenzen zwischen den genannten Theorien (eine ausserdem von Dybowsky aufgestellte glaube ich als rein speculativ ganz übergehen zu können) hervor, dass Kükenthal auch die einfachen Säugethierzähne für Verwachsungen von conischen Reptilzähnen hält, die ihrerseits wiederum aus einfachen Fischzähnen zusammengesetzt sind, dass Röse die Schneidezähne der Säugethiere und alle Reptilzähne für einfache Gebilde hält, dass Magitot nur den Eckzahn einem conischen Reptilzahne homologisirt, dagegen die Schneidezähne aus drei Kegelzähnen verschmelzen lässt.

Die Verwachsungstheorie führt uns von einer Schwierigkeit zur andern; wenn jedem Zipfelchen und Spitzchen einer Papille, dessen Schmelzkappe sich zuerst ohne Zusammenhang mit den übrigen anlegt, der morphologische Werth eines ursprünglich selbständigen Zahnkegels beigelegt wird, so wird man zu Annahmen getrieben, die selbst die Anhänger jener Theorie nicht mehr zu vertheidigen im Stande sein dürften. Es liegt gar kein Grund vor, die Einstülpungen des Epithels, die zur Papillenbildung führen, eines phylogenetischen Ausbaues, einer Zertheilung für nicht fähig zu halten. Das sieht man ja schliesslich an vielen Drüsenbildungen, so, um nur ein Beispiel anzuführen, an den Schilddrüsen, deren zertheilte Sprossungen sich auf einfache Ausstülpungen des ventralen Schlundepithels zurückführen lassen. Ob diese Sprossungen an einer vorgebildeten Stammpapille auftreten oder ob durch verkürzte Entwickelung die ursprünglichen Nebenäste als fast gleich starke Papillen nebeneinander auf der Zahnleiste entstehen, ist nicht von fundamentaler Bedeutung. Als einheitlichen Complex kennzeichnet diesen Theil der Zahnleiste, auf dem sie sich erheben, der Umstand, dass

bis zum nächsten Complex ein Intervall vorhanden ist, das Zahnpapillen zu entwickeln nicht im Stande ist. Es hängt nun offenbar ganz von der Höhe der Secundärpapillen ab, ob die von der Epithelscheide erzeugte Schmelzkappe eine Zeit lang isolirt bleibt, oder ob sie eine solche mit mehreren anderen zugleich empfangen. Die Epithelscheide ist, wie anerkannt wird, das formbestimmende Moment. Daher müssen sowohl die kleinen Höcker, welche am Basalwall von Rhinoceroszähnen so häufig auftreten, wie die variablen Basalwarzen an denselben Zähnen, wie die zahlreichen Schmelzhügel der Stegodonten, das doppelte Cingulum mancher Tapirzähne auf mathematisch ähnliche Ausstülpungen dieses Organes zurückgeführt werden. Auch hier an versteckte Verwachsungen zu denken, geht nicht wohl an; wir sehen ja auch, wie die vielhöckrigen Stegodontenzähne sich untrennbar an die bedeutend einfacher gebauten Mastodonten anschliessen. Es existiren zweifellos phylogenetische Neubildungen, und es hängt allein von den Anforderungen der Lebensweise ab, ob sie grössere oder geringere Selbständigkeit innerhalb der Einheit des Zahnes erlangen. Im hinteren Thale von Unterkieferzähnen verschiedener Rhinocerosarten kommen als Seltenheit isolirte Schmelzpfeiler vor, die lediglich als accessorische Bildung zu beurtheilen sind. Bei Hipparion kann man beobachten, wie variabel solche Basalhöcker ihrer Anlage und Weiterentwickelung nach sind, man kann hier auch studiren, wie wenigstens einige ursprünglich nur Fältelungen des Schmelzes bedeuten (sog. Compressionsfalten), die nur gelegentlich sich stärker abschnüren. Es lässt sich ferner verfolgen, wie in offenbar genetisch zusammenhängenden Reihen die Zähne der geologisch älteren Arten einfacher gebaut sind, wie erst bei den jüngeren die accessorischen Zuthaten hinzukommen und schliesslich eine so grosse Bedeutung erlangen, dass sie zweifellos schon bei der ersten Anlage des Zahnes sich selbständig markiren mussten. Nach der Verwachsungstheorie wären die Zähne der geologisch jüngeren Arten hier aus mehr Einzelzähnen gebildet als die der Vorfahren, oder aber bei jenen waren die Constituenten schon inniger verschmolzen als bei den Nachkommen. Keine dieser beiden Annahmen hat die Wahrscheinlichkeit für sich. Ich finde, man macht sich die Sache durch solche Vorstellungen unnöthig schwer und unklar. Die ältesten Reptilien, die wir kennen, haben im Oberkiefer nicht mehr als 14—15 Zähne, die ältesten Säugethiere nicht viel weniger Prämolaren und Molaren, nämlich 11—13, die, in ihre angeblichen Componenten zerlegt, auf ein so reich bezahntes Reptiliengebiss zurückführen würden, wie es weder in alten noch in neuen Zeiten bekannt ist, abgesehen von einigen in dieser Beziehung sicher modificirten Gruppen.

Die Frage, ob die ursprünglich dreizackigen Reptilienzähne als zusammengesetzte zu betrachten sind, lasse ich hier unerörtert. Meine Auffassung von der secundären Differenzirung der Zahnanlagen lässt mich auch hier an dem Einfacheren festhalten. Ein dreizackiger Zahn, wie er bei vielen Reptilien in der Anlage, oft noch im Alter zu beobachten ist, bildet aber an sich den natürlichen Ausgangspunkt für die gesammte Säugethierbezahnung, und macht die Annahme von Verwachsungen, für welche bis jetzt kein concludenter Beweis geliefert ist, unnötbig. Der kegelförmige Reptilienzahn ist ein Derivat des dreizackigen, und der kegelförmige Säugethierzahn nicht der Ausgangspunkt, sondern stets das Ende von Anpassungserscheinungen.

Aus der Trias kennen wir zwei weit von einander abweichende Typen der Säugethierbezahnung, die durch keine noch so kühnen Deutungen direct voneinander abzuleiten sind. Von einer Annäherung an das durch Abstraction gefundene Gebiss der Ursäuger ist nichts zu spüren; der Typus Tritylodon und der Typus Dromatherium stehen so weit auseinander, wie die getrenntesten Gebissformen der Gegenwart. Welches giebt uns den sichereren Aufschluss über das primitive Säugergebiss?

Die Aehnlichkeit zwischen dem hinfälligen Gebiss des Schnabelthieres und den Backzähnen der Multituberculata wird als Zeichen näherer Verwandtschaft aufgefasst. Ist das richtig, so würde schon die Zähigkeit, mit der die vielhöckrige Form der Zähne aus der Trias bis in die Gegenwart fortgeerbt ist, darauf hinführen, ihr unter den Formen der Säugethierzähne das höchste Alter zuzuweisen, denn dass den lebenden Monotremen in vielen osteologischen und anatomischen Eigenschaften nahestehende Thiere den Ausgangspunkt der Säugethierentwickelung gebildet haben, ist nicht zu bezweifeln, und dass auch die ältesten Ahnen dieses Stammes mehrhöckerige Backzähne gehabt haben, ist in Hinblick auf die Beständigkeit dieser Molarform eine sehr naheliegende Annahme. Die Schwierigkeit, die Gebissformen der Beutel- und Placentathiere vom multituberculaten Typus abzuleiten, macht die Scheu, mit der man dieser Annahme nahe tritt, begreiflich, aber es wäre völlig ungerechtfertigt, sie als indiscutabel zu umgehen. Nur durch unparteiische Berücksichtigung aller Möglichkeiten wird Klarheit in dieses dunkle Gebiet zu bringen sein. Viel zu wenig bemerkt ist jedenfalls, dass auch die Prämolaren der Multituberculata drei Höcker besitzen, so dass sie in gewisser Weise eine Anknüpfung auch des merkwürdigen Multituberculärzahnes an einen trituberculären erlauben, bei dem allerdings die drei Höcker etwas anders gestellt sind, als in den Tritubercularzähnen derjenigen Säuger, von denen wir die Molarformen der Marsupialier und Placentalier ableiten. Dass

auch die Schneidezähne bei diesen Thieren nicht selten mehrere, wenn auch schwach entwickelte Zacken tragen, hebe ich besonders hervor.

Dromatherium, der zweite triassische Typus, schliesst sich im Ganzen vielmehr dem Marsupialgebiss an. Vom primitiven Ausgangspunkt ist auch dieses Gebiss weit entfernt, wenn man als solchen die gleichmässige, „homoeodonte“ Besetzung der Kiefer mit kegel- oder hechelförmigen Zähnen hinstellt. Die vorderen, stiftförmigen Prämolaren sind sicher durch Reduction aus der dreizackigen Grundform der 6—7 hinteren Molaren entstanden, denn der Uebergang ist evident. Man kann ja allerdings auch auf dieselbe Beobachtung gestützt behaupten, dass die Molaren sich aus der Stiftform der Prämolaren ableiten lassen. Damit komme ich aber auf den Kernpunkt meiner Anschauung zurück, dass nämlich die Grundform des Säugethierzahnes nicht der einfache Kegelzahn, sondern der dreizackige Zahn ist, wobei ich vou homoeodonter Bezahnung völlig absehe und annehme, dass die Ursäuger aus solchen Thieren sich entwickelten, deren Gebiss schon eine Scheidung der Zahnformen nach Regionen, aber auch deutlich dreizackige Anlage der Zähne erkennen liessen.

Ich stütze mich nicht allein auf den palaeontologischen Augenschein, aber ich möchte doch auch davor warnen, die Reihenfolge der Thatsachen zu unterschätzen. Nirgends tritt (auch nicht, wie oft behauptet, bei Dromatherium) eine Annäherung an das Abstractionsschema des primitiveu Säugethiergebisses auf, hingegen hebt sich ganz evident, wie ja auch allseitig anerkannt, die Bedeutung des dreizackigen Molaren in den mesozoischen Säugethiergebissen hervor. Warum soll denn nun dieser erst aus einem Kegelzahne abgeleitet werden? Eine palaeontologische Stütze für diese Annahme existirt nicht, dagegen mehrere Hinweise darauf, dass der Kegelzahn der Säugethiere erst durch Reduction der Nebenzacken aus dem dreispitzigen hervorgegangen ist. Die Reduction der Prämolaren bei Creodonten und Carnivoren ist allen Palaeontologen bekannt; in diesen Fällen wird es niemand einfallen, stiftförmige Prämolaren für ursprünglicher als die dreispitzigen, schneidend comprimirten hinzustellen. Der Versuch wäre jedenfalls leicht zu widerlegen. Dass umgekehrt bei pflanzenfressenden Ungulaten eine Verstärkung der Prämolaren eintritt, so dass diese allmählich zu Molarengestalt übergeleitet werden, kann den Vorgang in seiner Bedeutung nicht abschwächen. Das ist secundär, und die Urform des Prämolaren in allen diesen Linien nachgewiesenermassen trituberculär.

Bei den jurassischen Säugethieren tritt, soweit sie nicht zu den in anderer Richtung entwickelten Multituberculaten gehören, diese dreispitzige An-

lage der Prämolaren deutlich hervor. Während nun die hinteren Zähne in Anschluss an ihre Function sich in die Breite verstärken und compliciren, nähern sie sich weiter vorn der kegelförmigen Gestalt, die in den Fang- und Schneidezähnen am reinsten ausgebildet wird. Der Typus für die Normalgestalt der Zähne ist in der Mitte der Backzahnreihe zu suchen, während er nach vorn durch Abschwächung, nach hinten durch Verstärkung und Zuthaten, dann wiederum durch Reduction sich verwischt.

Wie man sieht, halte ich auch die Schneidezähne und den Hundszahn für nicht ursprünglich kegelförmig, wobei ich aber die Möglichkeit im Auge behalte, dass dieser Character schon bei den unmittelbaren reptilischen Vorfahren der Säugethiere zum Theil erworben war. Die so häufig zweitheilige Wurzel des Hundszahnes jurassischer Säugethiere, der zuweilen noch vorhandene Basalwulst sprechen deutlich für den Anschluss an die Prämolaren. Da bei den späteren Säugethieren, mit einziger Ausnahme von Myrmecobius und einigen Insectivoren, also Angehörigen uralter Stämme, dieser Zahn stets einwurzlig ist, kann man seine doppelte Wurzel bei vielen jurassischen Säugern doch kaum für das Zeichen beginnender Theilung halten, sondern muss vielmehr hier an ein noch festgehaltenes, später aber verloren gegangenes Erbtheil denken.

Man wird einwerfen, dass die noch ungetheilten Wurzeln bei Dromatherium dieses Gebiss auf die niedrigste Stufe stellen. Ueber die Bedeutung der Wurzeltheilung lässt sich palaeontologisch wenig sagen. Mehrfach getheilte Wurzeln kommen bei den gleichaltrigen und wahrscheinlich noch älteren Multituberculaten vor, während bei viel später auftretenden Säugethieren (z. B. Affen, Carnivoren) die Theilung sich wieder verwischen kann. Osborn hält die Wurzeltheilung für älter als die Zackenhildung der Krone, und meint mit Wortmann, dass sie dieser voraufgegangen ist. Dann kann sie sich aber nicht immer erhalten haben, denn die Schneidezähne mancher Chiropteren sind so deutlich dreizackig, wie man das sonst nur bei triconodonten Backzähnen zu sehen gewohnt ist, und dies Verhalten ist um so bemerkenswerther, als die Schneidezähne dieser Thiere offenbar in Reduction begriffen sind, also eine neue Anpassung kaum vorliegt. Die einzigen, in Alveolen steckenden Reptilienzähne, von denen die beginnende Theilung der Wurzeln angegeben wird, finden sich im Gebiss von Dimetrodon, einem alten Theromorphen, und sie sind thatsächlich kegelförmig, aber es giebt auch zahlreiche Reptilienzähne, die dreizackig und doch einwurzlig sind, und es giebt solche, die bei einfacher Krone zweiwurzlig sind (Triceratops). In manchen Fällen wird die Streckung der Kiefer von Einfluss auf das Verhalten

der Wurzeln gewesen sein. Das bezeugen die embryonalen Zähne der Bartenwale, die aus der Zerlegung zweiwurzliger hervorgehen, andererseits die einwurzligen Backzähne der Affen, deren Kiefer sehr verkürzt sind. Die Länge des Kiefers ist aber nicht das an sich bedingende Moment; schwerlich wird hierin jemand einen merkbaren Unterschied zwischen dem Dromatherium- und dem Triconodonkiefer finden. Wichtiger ist auch hier der Einfluss des Gebrauches, der Druck auf die einzelnen Höcker bei Omnivoren oder Insectivoren, der seitliche Zug bei scheerender Bewegung der Kronen, Druck und zugleich seitliches Drängen bei den malmenden Kieferbewegungen von Pflanzenfressern.

Man pflegt Reptilzahn und Kegelzahn häufig in gleichwerthigem Sinne zu gebrauchen, aber sehr mit Unrecht, denn die Reptilienzähne sind durchaus nicht alle kegelförmig gebaut. Die im Wasser lebenden Ichthyosauren, Plesiosauren und Mosasauren, die fliegenden Pterodactylen und andere, bei denen in Folge der Lebensweise der einfache Fangzahn in den Vordergrund tritt, sind hier immer als massgebend betrachtet, während bei den speciell dem Landleben angepassten Reptilen der gezackte Zahn mit weitaus grösserem Rechte als typisch angegeben werden kann. Besonders in der Gruppe der Lacertilier tritt die dreizackige Anlage des Zahnes deutlich heraus, und bei Teju, Ameiva u. a. lässt sie sich sowohl bei den letzten Molaren wie bei den schlanken Incisiven noch nachweisen. Bei jugendlichen Thieren tritt sie stärker hervor als im Alter. Das war unseren alten Zoologen sehr wohl bekannt, während gegenwärtig diese Verhältnisse, die von so hohem Interesse sind, fast unbeachtet bleiben.

Ueber die Bedeutung des Milchzahngebisses beziehentlich des Zahnwechsels der Säugethiere ist nicht weniger gestritten wie über die Ableitung des Säugethiergebisses überhaupt. Während bei den Beutelthieren der Zahnwechsel, wenn er überhaupt vorkommt, auf den in der Mitte der Zahnreihe stehenden und als 1. Prämolar bezeichneten Zahn beschränkt bleibt, werden bei allen choriaten Säugethieren nur die hinteren Backzähne nicht gewechselt, während für Schneide-, Eck- und Prämolarzähne Ersatzzähne zum Durchbruch kommen. Die Bildung dieser Ersatzzähne schliesst sich genau der bei Reptilien an; schon im embryonalen Leben treten am Innenrande der epithelialen Zahnleiste, auf welcher die Anlage der ersten Zahnserie erfolgt, neue Wucherungen und Zahnpapillen auf, welche zur Abscheidung einer Schmelzkappe und eines Dentinkernes führen. Der neuentstehende Zahn wächst in demselben Masse wie der alte sich abnutzt; die Zahnwurzeln der Milchzähne werden durch die als Osteoklasten oder Knochenzerstörer be-

kannten Zellen resorbirt und die gelockerten Kronen von den nunmehr direct unter die Milchzähne gerückten Ersatzzähne in die Höhe gehoben und abgestossen. Bei Reptilien folgen der zweiten Generation von Zähnen im Allgemeinen noch mehrere andere, bei Säugethieren erreicht die Zahnbildung mit ihr ein Ende.

Indessen darf man die Verhältnisse bei Reptilien nicht schematisch beurtheilen, denn auch hier haben die wechselnden Anforderungen des Lebens zu sehr verschiedenen Formen des Zahnwechsels geführt. Bei einigen kommt es zur Bildung zahlreicher Generationen von Zähnen, bei anderen sind nur wenige beobachtet, und bei manchen ausgestorbenen Reptilien kann man zweifelhaft sein, ob überhaupt ein Ersatz erfolgte. Bei Crocodiliden wird nach Cuvier die in der Jugend vorhandene Zahl der Zähne im Alter nicht vergrössert, bei den Tejiden und Ameiven z. B. kommt es aber zu einer Erhöhung der Zahnformel, indem auch die hinteren Enden der Epithelleisten Zähne ausbilden, so dass mit jeder neuen Generation hinten jederseits ein neuer Backzahn angefügt wird. Schon R. Owen kannte diese, für die Beurtheilung des Säugethiergebisses so wichtige Art der Ersatzzahnbildung bei Iguanodon. Bei Teju und Ameiva erfolgt nach meinen Beobachtungen der Ersatz in derselben Weise, auch lässt sich hier sehr gut die ursprünglich thecodonte Anlage der Zähne verfolgen.

Hieraus geht hervor, dass der Zahnwechsel und die Anlage der hinteren Backzähne der choriaten Säugethiere durchaus in derselben Weise zu beurtheilen ist wie bei den Reptilien. Wie man bei den Milchzähnen der Säugethiere oft Hindeutungen auf eine ursprüngliche Gestalt des Zahnes begegnet, ein Gesetz, auf das besonders Rütimeyer mit Nachdruck hingewiesen hat, so zeigen auch die Erstlingszähne bei Tejiden deutlicher den ursprünglich dreispitzigen Bau der Molaren, während die späteren Generationen sich der einfachen Kegelgestalt nähern und zugleich die verschiedenen Regionen des Gebisses sich schärfer von einander abheben.

Es ist nun sicher eine auffallende Erscheinung, dass bei den Marsupialiern der Zahnwechsel so ausserordentlich eingeschränkt ist, während doch bei ihnen, als den nach der gewöhnlichen Annahme älteren und primitiveren Formen gerade ein noch stärkerer Anschluss an die Reptilien zu erwarten stände. Es konnte dies auf den Gedanken führen, dass auch die Milchzähne der höheren Säugethiere eine spätere Zuthat zum Gebisse seien, so dass also zuerst dem hinteren Prämolaren ein Vorläufer erwuchs und dann allmählich diese Verstärkung des Gebisses sich auch auf die vorderen Prämolaren, die Eck- und Schneidezähne ausgebreitet hätte. Es ist unnöthig,

die Gründe näher zu erörtern, welche für diese eigentlich nur in England cultivirte Hypothese aufgeführt sind, da sie nach den von Röse und Kükenthal an Embryonen von Didelphys angestellten Untersuchungen sich als irrig herausgestellt hat. Die genannten Forscher haben nachgewiesen, dass die Bildung von Ersatzzähnen bei den Beutelthieren durchaus in ähnlicher Weise angebahnt wird, wie bei den choriaten Säugethieren, dass sie aber nur bei dem einen Prämolaren wirklich zur Durchführung gelangt, bei den übrigen in den ersten Stadien stecken bleibt. Es zeigte sich aber ferner, dass auch die auf den Prämolar folgenden Backzähne nur zum Theil als echte Molaren aufgefasst werden dürfen, da wenigstens bei den zwei vorderen in einem verdickten Strange der Epithelleiste sich ebenfalls eine später gehemmte Anlage von Ersatzzähnen zeigt.

Bei den Beutelthieren wird also der Zahnersatz auf der ganzen Linie sistirt, und zwar gilt das schon für jurassische Zeiten; bei Triconodon ist der Ersatz des einen Prämolaren beobachtet, andere Geschlechter scheinen aber ebenso wie viele der lebenden völlig auf die erste Generation der Zähne angewiesen gewesen zu sein.

Eine Erklärung für diese Erscheinung ist bis jetzt nicht gefunden. Das rasch verschwindende Milchgebiss der höheren Säugethiere ist gleichsam ihre Umkehrung. Das Hauptgewicht wird bei diesen auf die zweite Bezahnung gelegt, welche kräftiger und ausgedehnter ist als die erste. Hier spielt die längere Zeit, welche der Sprössling im Mutterleibe verbringt, gewiss eine grosse Rolle. Die Zähne sind schon lange vorhanden, ehe das Thier geboren wird, ohne zum Durchbruch zu kommen, sie sind schwächer gebaut als die Ersatzzähne, auf welche das Thier angewiesen wird in der kräftigsten Zeit seines Lebens. Damit mag es wieder zusammenhängen, dass, wie Schlosser treffend hervorhebt, bei den choriaten Säugethieren, besonders bei Nagern, Insectivoren, Fledermäusen und Elephanten das Milchgebiss entschieden in der Rückbildung ist, und dass diese Reduction bei geologisch jüngeren Thieren in höherem Grade vorgeschritten ist als bei deren Ahnen. „Die Nager mit mehr als drei Backzähnen hatten früher sämmtlich Milchzähne, die noch dazu einen sehr complicirten Bau besassen und überdies sehr lange functionirten. So verhielten sich die Theridomyiden; ihre Nachkommen, die Stachelratten, wechseln die Zähne schon vor der Geburt oder entwickeln sofort die echten Prämolaren. Die Nesokerodon behielten die Milchzähne sehr lange, die Caviaden, ihre Nachkommen, zeigen bereits bei der Geburt die echten Prämolaren.“ Dies eine Beispiel mag für viele hier seine Stelle finden. Sowohl bei den höheren Säugethieren wie bei den Beutelthieren herrscht also

die Tendenz, den Zahnwechsel einzuschränken. Während aber hier die schwächliche und schon in das Embryonalleben einbezogene erste Zahngeneration allmählich abgestossen wird, werden bei diesen gerade die erst gebildeten Zähne behalten und die Bildung von Ersatzzähnen unterbleibt. Die Verkürzung des embryonalen Zustandes der Jungen ist hier vielleicht von ähnlicher Bedeutung und übt die entgegengesetzte Wirkung aus wie bei den Choriaten das lange Verharren im mütterlichen Uterus.

Auch die Frage nach dem Ursprunge der Säugethiere überhaupt, nach den Ursachen, welche ihre Ablösung vom Reptilstamme bedingte und nach der ersten Anlage ihrer characteristischen Eigenschaften, der Blutwärme, des Haarkleides, der Embryonalentwickelung und der Milchdrüsen, sind in letzter Zeit vielfach besprochen. Mancher hübsche Gedanke ist aufgetaucht, aber wir können nicht streng genug betonen, dass es sich hier nur und allein um Hypothesen handelt.

Die in ihrem Ausbau consequenteste ist von Haacke aufgestellt, demselben Forscher, dem wir die hochinteressanten Entdeckungen über die ovipare Fortpflanzung und den Brutbeutel des australischen Stachelschweines verdanken.

Für ihn hat jede phylogenetische Umänderung eines Stammes ihre letzten Gründe in geologischen Veränderungen der Erdoberfläche. In Südafrika folgt unter den Schichten, in denen die Säugethierreste gefunden sind, das tiefere Karroo-System mit den besprochenen Erscheinungen, welche zur Annahme einer permischen Eiszeit geführt haben. In dieser, dem ersten Auftreten der Säugethiere vorausgehenden Eiszeit sieht Haacke den Impuls, der zur Entstehung warmblütiger Thiere den Anstoss gab. Die Eiszeit brachte eine solche Abkühlung, dass für das Weiterleben wenigstens in diesem Landstriche die Erhöhung der Bluttemperatur unbedingt nothwendig wurde. Andernfalls blieben nur die Alternativen, auszuwandern oder dem Klima zu erliegen. Hand in Hand mit der steigenden Blutwärme (die bei den Monotremen, den am tiefsten stehenden und alterthümlichsten Säugethieren noch heute sehr niedrig ist und nur 24—25° beträgt) ging die Ausbildung des Haarkleides. Damals waren die Ursäuger noch ovipar und legten ihre Eier wohl ursprünglich ab wie die Reptilien. In der kalten Zeit wurde es erforderlich, den Eiern durch Brüten Wärme zuzuführen. Zu einem Nestbau oder zu einem Bebrüten nach Art der Vögel kam es nicht, weil sonst an den brütenden Gatten Nahrungssorgen herangetreten wären, die bei den brütenden Vögeln nur durch die Gattenliebe entfernt gehalten werden. Es entstand daher der Brutbeutel, in welchem die Eier mit umhergetragen werden konnten

und der auch auf die Beutelthiere vererht ist. Bei den ausschlüpfenden Jungen meldete sich hald das Nahrungsbedürfniss und sie begannen das Secret der im Brutbeutel befindlichen Hautdrüsen zu lecken, das hier nicht so leicht verdunsten konnte, wie an den exponirten Theilen der Oberfläche. Das führte zur Entstehung der Mammardrüsen, welche bei den Monotremen nur umgebildete Schweissdrüsen sind, während später hei den höheren Säugethieren die Talgdrüsen sich mehr entwickeln und die Absonderung der Milch übernehmen.

Es wird dem Leser dieses kurzen Resumés nicht entgehen, dass in diesem kühnen Aufbau nicht alles so eng aneinander schliesst, wie es äusserlich scheint. Es ist eine Hypothese, wie viele andere, die für Niemanden verpflichtend ist wie für den Autor. Hervorheben möchte ich nur, was in früheren Abschnitten ausführlich besprochen ist, dass die permische oder carbonische Eiszeit keinesfalls eine Periode grosser Kälte gewesen ist, sondern dass selhst in jenen Gegenden, wo die angehlichen Beweise ihrer Existenz gesammelt sind, Cycadeen und Farne wuchsen, also ein Klima herrschte, in dem auch jedes Reptil sich wohl fühlen konnte. Vom geologischen Standpunkte muss jede Verantwortung für die Haacke'sche Hypothese abgelehnt werden. Niemals waren auch die Reptilien mannichfaltiger und gewaltiger entwickelt, als in jenen Zeiten vom Perm his zur Kreide, obwohl sie nach wie vor ihre Eier im Ufersande ahlegten oder sonst irgendwo verscharrten, während die den Verhältnissen sofort nachgekommenen Säugethiere mit Brutapparat, später mit Beuteltaschen, vielleicht selhst mit zottigem Chorion (der jurassische Stylacodon scheint sich von echten Insectivoren nicht zu unterscheiden) eine sehr dürftige Rolle spielten. Mit äusseren Impulsen kommen wir hier nicht weit.

Man darf auch nicht ausser Acht lassen, dass Brutpflege und lebendiges Gehären zunächst mit der Temperatur nichts zu schaffen haben. Bei Haifischen ist das Lebendiggehären weit verbreitet, es kommt hier sogar zu einer innigen Verhindung der Eihaut mit der Uteruserweiterung der Oviducte, die völlig homolog dem Chorion der Säugethiere ist; dabei leben sie seit Urzeiten in dem gleichmässigsten Medium, und nehen ihnen leben gleichherechtigt andere Arten, die ihre Eier an Seepflanzen oder Steine absetzen.

Wir sehen besser vorläufig davon ah, über die Art und Weise, wie die Ahzweigung der Säugethiere von dem Urstamme der Reptilien erfolgte, bestimmte Hypothesen aufzustellen. Die vergleichende Anatomie zeigt, dass in wichtigen Eigenschaften die Monotremen oder Kloakenthiere tiefer als die

Beutelthiere, und diese tiefer als die placentalen Säugethiere stehen. Indem die Monotremen sich entschieden dem Typus der Reptilien mehr nähern als alle anderen, liegt es nahe, sie oder nahe verwandte Formen an den Anfang der Entwickelung zu stellen, welche die Säugethiere durchlaufen haben, und die Geologie zeigt, dass thatsächlich schon in der Trias Formen auftreten, deren Beziehungen zu den Monotremen sich immer wieder aufdrängen. Neben ihnen, gleichzeitig, lebten aber sehr viel anders organisirte Säuger, die nur den Beutelthieren zu vergleichen sind. Im Jura sind die Beutelthiere zweifellos nachgewiesen, selbst mit ihrem characteristischen eingeschränkten Zahnwechsel, neben ihnen aber wiederum Formen, die wir nach dem Gebiss nicht von den Insectivoren trennen können. Alles dies spricht dafür, dass die wesentlich auch durch ihre sexuellen Verhältnisse getrennten drei grossen Gruppen sehr hohen Alters sind und sich sehr früh von einander geschieden haben. Einen Collectivtypus für alle drei können wir nicht nachweisen, noch weniger eine Reptilgruppe nambaft machen, aus der sie sich abgezweigt haben. Die Theromorpha, die so viel genannt sind, können selbst trotz grosser Annäherung nicht herangezogen werden, da sie schon viel zu specialisirt sind. Eine unbekannte Reptiliengruppe zu construiren, von der beide, Theromorpha wie Säugethiere, sich abzweigen konnten, führt uns vollständig in uncontrollirbares Gebiet.

Wenn es sich dereinst beweisen lässt, dass die kleinen jurassischen Kiefer, die man als Insectivoren zu deuten sich geneigt fühlt, damit ihren richtigen Platz im Systeme angewiesen bekommen haben, so kann man sich jede Hypothese über die Ableitung tertiärer Gruppen von marsupialen Vorfahren ersparen. Anatomisch ist die Kluft zwischen Beutelthieren und den monodelphen Säugethieren nicht so unüberbrückbar. Bei den Beutelthieren verharren die Eier dauernd in der Gebärmutter, die seröse Membran liegt den Uteruswandungen dicht an, und nimmt, wenn auch nicht durch Zotten, so doch jedenfalls durch das Blutgefässsystem des Dottersackes Substanzen aus dieser auf. Bei den Säugethieren wird die seröse Hülle mit Zotten bedeckt, welche in die Gebärmutter eingreifen, und dieser Zustand bleibt bei den Hufthieren persistent, während erst die sogen. deciduaten Säugethiere eine eigentliche Placenta bilden. Hier liesse sich wohl ein Uebergangsstadium denken; ausserdem giebt es auch unter den lebenden Beutelthieren solche, deren Beutel völlig rückgebildet ist und andere, deren Beutelknochen durch Faserknorpel ersetzt sind. Viel schwerer ist es, die beiden Typen des Gebisses in einander überzuleiten. Obwohl das Gebiss eines Dasyurus dem eines Creodonten so ausserordentlich ähnlich ist, werden sie doch durch die

grundverschiedene Art des Zahnwechsels zu scharf getrennt, als dass ich an directe genetische Verknüpfung glauben könnte.

Nur kurze Worte brauchen wir dem Thierleben im Meere zu widmen, soweit es sich um die Beschreibung der Gestalten handelt, denn es kann nicht unsere Aufgabe sein, solche Geschlechter und Arten zu erörtern, die noch in der Gegenwart zu den verbreiteten Typen gehören; jene andere Aufgabe, die Fäden der Wanderungen der Arten, die allmählich den gegenwärtigen Zustand der Vertheilung herbeiführten, zu verfolgen, ist aber für den Rahmen dieses Buches zu gross, und nur einige Andeutungen können gegeben werden.

Die schalentragenden Cephalopoden sind fast alle verschwunden, und die älteste Gattung Nautilus ist wieder vereinsamt. Auch die Belemniten sind ausgestorben, wenn auch Bayanoteuthis noch einen schwächlichen Nebenzweig vorstellen mag, und wahrscheinlich herrschten in allen Meeren die nackten Verwandten des Octopus und der Sepia vor, deren weiche Leiber der Erhaltung nicht fähig sind. Von den übrigen Mollusken vermissen wir die grossen Geschlechter Nerinea, Glauconia und Actaeonella unter den Schnecken, Inoceramus unter den Zweischalern, vor allen aber die merkwürdigen Rudisten, die in manchen Meeren fast den Platz der riffbildenden Korallen ausfüllten. Zahlreiche Typen der Tiefenregion mögen in tertiären Schichten nur deshalb so selten gefunden werden, weil diese sich in seichten Meeren niederschlugen; sie waren sicher vorhanden, da sie in der Gegenwart noch leben. Seelilien und Kieselschwämme sind hier zu nennen; Echiniden sind local häufig.

Unter den Wirbelthieren des Meeres scheiden die Mosasaurier, die Sauropterygier und Ichthyosaurier, ferner die Schmelzfische aus, die nur in einigen Flüssen sich vor der Uebermacht der Teleostier noch behaupten.

Eine Durchmusterung des Vorhandenen zeigt nur wenige Geschlechter, die nicht auf cretaceische Vorfahren bezogen werden könnten, wenn auch ein geringer Hiatus die Arten scheidet, und ebenso wenige, welche nicht der Gegenwart noch angehörten. Eine hohe Blüthezeit machten die Foraminiferen durch, besonders die Familie der Nummuliten, die Riesen der Classe, welche gegenwärtig auf wenige und kleinere Arten der warmen Meere reducirt sind. Schon im jüngeren Tertiär sind sie überaus selten; umgekehrt erreicht die Seeigelfamilie der Clypeastriden erst dann ihr Maximum. Die prächtigen Hüllen dieser grossen Thiere, welche durch kalkige Strebepfeiler einen hohen, für das Leben im bewegten Wasser vortheilhaften Grad von Festigkeit erreichen, liegen zu Hunderten in den miocänen Ufersanden der

Mittelmeerregion. Berühmt sind die Fundstellen Aegyptens, von wo sie in Menge nach Europa gebracht sind.

Im unteren Pliocän bietet die brackische, pontische Stufe Beispiele des Aufblühens einzelner Molluskengeschlechter, so der Gattungen Congeria und Adacna (Monodacna u. s. w., Untergattungen von Cardium), von Melanopsis und Valenciennesia unter den Schnecken. Die Vielgestaltigkeit der Form wird hier gradezu verwirrend, aber selbst Extreme finden sich durch unmerkliche Uebergänge verbunden. Im Kaspischen Meere lebt ein Theil dieser Fauna als letzter Rest weiter, in jenem Becken, das selbst als der Rest jenes grossen pontischen Meeres aufzufassen ist.

Die Haifische waren im Tertiär durch zahlreiche, oft sehr grosse Arten vertreten. Die Zähne furchtbarer Carcharodonten sind als „glossopetrae" schon dem Mittelalter bekannt gewesen, und ihre Verwendung zu mystischen Heilmitteln hat sich bis in die Neuzeit erhalten. Die knorpligen Skeletttheile dieser Fische werden vom Meereswasser rasch aufgelöst, aber die schmelzbedeckten Zähne sind widerstandsfähig und der „Challenger" entdeckte grossartige Anhäufungen in den abyssischen Tiefen des Oceans. Die Arten sind zählebig, wenig veränderlich, und manche ziehen sich durch mehrere Tertiärstufen; ausserdem gehören die Thiere zu den ausdauerndsten pelagischen Schwimmern, so dass die geographisehe Vertheilung ein recht einförmiges Bild bietet und bot.

Veränderlicher in ihrer äusseren Gestalt und mehr an Tiefenzonen und Meeresprovinzen gebunden sind die Knochenfische, welche schon während der Kreidezeit die Schmelzfische vollständig aus dem Felde geschlagen hatten. Sie verdienen eine etwas eingehendere Berücksichtigung. Die Wurzeln ihrer Gattungen greifen tief in die geologische Vergangenheit zurück, und nicht viele der neugeschaffenen aus Tertiärablagerungen können vor einer strengen Kritik Stand halten. Das Interesse an der detaillirten Kenntniss der einzelnen Arten tritt zurück vor den Fragen nach der Geschichte der Gattung.

Es hat sich gezeigt, dass diejenigen Ablagerungen, in denen Fische in Skelettform erhalten sind, uns nur mit einem geringen Bruchtheile der ausgestorbenen Fauna bekannt machen und ausserdem uusere Schlüsse irreleiten können. Heterogene Associationen weisen häufig darauf hin, dass hier entweder ungewöhnliche Verhältnisse dauernd herrschten (wie in felsigen Buchten, an denen eine Meeresströmung vorüberführt), oder Naturereignisse, etwa eine übermässige Zufuhr reich mit Schlamm beladenen süssen Wassers oder eine Aenderung des Salzgehaltes des Meeres in ihre Sedimentirung eingriffen. Im ersten Falle befremdet die Einmengung von Süsswasserarten (wie z. B. bei

Licata), im zweiten werden die für Schwankungen des Salzgehaltes ungemein empfindlichen pelagischen Fische, die an Zahl sehr zurücktreten und ihrer Lebensweise nach meist auf der hohen See verenden und vergehen, in Masse vernichtet. So deutet in den oligocänen Schiefern von Glarus alles auf eine localisirte Küstenfauna, mit Ausnahme der vielen Lepidopiden, welche die hohe See lieben, aber auch auf Rauhzügen die Küsten aufsuchen.

In denjenigen Tertiärsedimenten, welche ihren Mollusken nach in der normalen Küstenzone gebildet sind, gehören zusammenhängende Fischreste zu den grössten Seltenheiten, dagegen sind sehr häufig die sog. Otolithen, Kalkgebilde von zweifelhafter physiologischer Bedeutung, die dem Gehör der Teleostier eingelagert und vielleicht als Gleichgewichtsorgane aufzufassen sind. Man kann sie zu Tausenden sammeln und ihre Anhäufung erreicht zuweilen einen solchen Grad, dass die Schichtflächen von ihren Durchschnitten buchstäblich bedeckt erscheinen. Die Erklärung liegt darin, dass die schweren Otolithen bei eingetretener Verwesung des Fisches aus dem leicht zerstörbaren häutigen Ohr, welches durch keine besondere Wandung von der Schädelhöhle abgetrennt ist, herausfallen und zu Boden sinken, während der Körper, von der aufgetriebenen Schwimmblase an der Oberfläche gehalten, ein Spiel der Wellen bleibt. Diese schleudern ihn entweder auf den Strand, wo seiner Erhaltung hundert Schwierigkeiten sich entgegensetzen, oder sie zerstören ihn durch die mechanische Gewalt der Brandung, oder führen ihn weit mit sich fort. Auch setzt der Kalkspath, der die Otolithen bildet, dem Verwitterungsprocesse starken Widerstand entgegen; von Fischleichen, die in grossen Tiefen zur Ruhe gelangen, werden sich daher am leichtesten, oft allein die Otolithen erhalten, da die echten Knochen rasch angegriffen und aufgelöst werden, wenn nicht eine schützende Schlammdecke sie rechtzeitig überzieht. Diese Otolithen haben nun eine hohe palaeontologische und systematische Bedeutung. Sie stehen in inniger Beziehung zu den Ausstrahlungen des Gehörnerven und müssen bei jeder Erschütterung einen Reiz auf die letzten Endigungen der Nervenfasern ausüben. Ob diese Reize dem Fische als Geräusche, Töne, als letzte Reactionen andringender Schallwellen oder als solche hydrodynamischer Bewegungen zum Bewusstsein kommen, oder ob sie ihm ermöglichen, Veränderungen der Gleichgewichtslage zu erfassen und auszugleichen (für die Orientirung in den Tiefen wichtiger als der Gehörsinn!), wird schwer zu entscheiden sein und ist hier nicht zu erörtern. Der Kernpunkt der Sache ist, dass die an den Otolithen gepresste Epithelanhäufung, in welche die Nervenfasern sich verlieren, eine bestimmt umschriebene Gestalt hat, welche in ebenso bestimmten Umrissen auf die

Innenseite des Otolithen übertragen wird, und nicht allein die Familien und Gattungen, sondern selbst Arten und Varietäten zu unterscheiden befähigt. Häufigkeit der Otolithen, Prägnanz ihrer Charactere treffen zusammen, sie zu einem wichtigen Hülfsmittel der Palaeontologie zu machen.

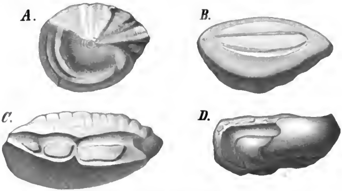


Fig. 114. Fischotolithen aus dem norddeutschen Tertiär.
A Otolith eines Panzerwelses (Arius) aus dem Unteroligocän von Lattorf, *B* eines schmarotzenden Bandfisches (Fierasfer) aus dem Mitteloligocän von Söllingen, *C* eines schellfischartigen Weichflossers (Raniceps) aus dem Mitteloligocän von Mainz, *D* eines Umberfisches (Sciaena) aus dem Miocän von Langenfelde in Holstein. *D* in 1½ nat. Gr., *A* ca. 4 mal, *B* und *C* 10 mal vergrössert.

Die Aenderungen, welche die Teleostierfauna unserer Meere durchgemacht hat, lässt sich nun durchaus nicht in das Schema einpassen: Tropischer Character des Meeres und seiner Bewohner in der älteren Tertiärzeit, und im Gefolge allmählicher Klimaverschiebung Uebergang in den Character der gemässigten und kühlen Zonen der Jetztzeit und des Tertiärs.

Wir sehen im ältesten Eocän von Kopenhagen Gadiden als extrem nördliche neben den Beryciden als südlichen (sog. tropischen) Elementen. Die Gadiden mit den ihnen verwandten Ophidiiden und Macruriden spielen im Oligocän schon ganz die Rolle, die ihnen heutzutage im nördlichen atlantischen und pacifischen Ocean zugetheilt ist. Während sie auch später nichts an ihrer Ausdehnung einbüssen, nehmen die Beryciden schon im Oberoligocän ab, und die characteristischen Typen, wie Hoplostethus und Monocentris (letzterer jetzt in den japanischen Gewässern) wandern aus. Fast zur selben Zeit erfolgt eine Invasion der Sciaeniden (Umberfische), von denen im Mitteloligocän nur erst Spuren vorhanden sind; im Miocän erlischt ihre Formenfülle und es erhalten sich nur die Vorläufer der noch jetzt in den nördlichen Meeren lebenden Arten, während die meisten südwärts ziehen.

Fast das Gleiche spielt sich bei den Perciden ab, welche zur Zeit des Mittel- und Oberoligocäns bei uns einen kräftigen Aufschwung nehmen, jetzt aber mehr zu den südlichen Formen gehören. Wir sehen somit, dass seit sehr alten Zeiten in den Anacanthinen (Schellfischen u. a.) ein fester Stamm sich an Stärke fast unverändert erhalten hat, während im Gefolge gelegentlicher Wanderungen bald diese, bald jene Familie rasch aufblühte, um dann wie eine Welle zu verschwinden. Das dürfte auch wohl die Norm der Veränderung sein, welche unsere nördliche Teleostierfauna im Laufe der Zeiten erlitten hat: Nicht consequente Umwandlung des tropischen in den Character der gemässigten Zone, sondern Oscillationen, welche zu einem alten Stamme bald neue Glieder hinzufügten, bald andere entfernten.

Es war mir möglich, auch von der anderen Seite des atlantischen Meeres, aus dem Eocän von Alabama, eine reichhaltige Sammlung von Otolithen untersuchen zu können. Da ergab sich, dass westliche und östliche Küstenregionen des nordatlantischen Oceans faunistisch sehr verschieden waren. Während in den norddeutschen Tertiärmeeren die nordischen Gadiden in auffallender Menge erscheinen, treten sie in Amerika sehr zurück. Dagegen fällt die Mannichfaltigkeit und Häufigkeit der Sciaeniden sehr ins Gewicht, welche bei uns erst im Oberoligocän erscheinen. Im Allgemeinen schickt sich die Fischfauna des Alttertiärs vom Mississippi recht gut in den Rahmen jener, welche gegenwärtig die Küsten der südlichen Vereinigten Staaten, des Golfs und das westindische Meer belebt, und hat zugleich einige ausgesprochene Beziehungen zum Mittelmeere. Zwischen den Capverden und den westindischen Inseln liegt die Verbindung zwischen ost- und westatlantischer Fauna, während höher nördlich die Faunen beider Seiten mehr divergiren, sowohl jetzt wie schon zur Eocän- und Oligocän-Zeit.

Die Verbindung des norddeutschen Meeres mit dem russischen und durch dieses mit dem sibirischen lässt annehmen, dass die Gadiden durch letzteres von Norden her einwanderten; zugleich mag diese kühle Meeresströmung die Sciaeniden fern gehalten haben, welche im amerikanischen Meere schon zur Eocänzeit häufig waren, bei uns aber erst erschienen, als jenes sibirische Meer schon abgeschlossen war, nämlich im Oberoligocän.

Bei Untersuchungen, wie den erwähnten, muss man die bathymetrische Vertheilung der Fische, für welche die klimatische Wärme das Regulativ abgiebt, wohl im Auge behalten. Die Anpassungsfähigkeit des Individuums ist zwar in dieser Beziehung in den allermeisten Fällen eine sehr geringe, und plötzliche, willkürliche Veränderung sind ausgeschlossen. Wohl aber können die im Laufe geologischer Zeiten wechselnden Lebensbedingungen Arten oder

Gattungen zu tief einschneidenden Aenderungen der Lebensweise veranlassen. Das kann sich darin äussern, dass tropische oder subtropische Formen, welche hier grössere Tiefen bevorzugen, auf ihrer Wanderung nach Norden allmählich in flachere, von der Sonne mehr durchwärmte Meerestheile emporsteigen, umgekehrt, dass hochnordische Flachseefische weiter südlich in die grösseren und kühleren Tiefen eindringen. Beides spielt sich noch im Bereiche der Küstenzone ab. Ein Uebergang zur eigentlich abyssalen Region kommt aber auch vor, und man sollte sehr vorsichtig sein, von Thierresten, deren heutige Anverwandte man als abyssische Thiere kennt, einen Schluss auf den Tiefseecharacter einer fossilen Fauna zu ziehen. Der Einbruch eines grösseren Meeresgebietes kann die Küstenzone zusammendrängen, und im gesteigerten Kampfe ums Dasein wird dann manche Küstenform in der Tiefsee verschwinden. Küstenbewohner nenne ich solche Fische, welche nicht allein vom Klima und Lichte, sondern auch von der Beschaffenheit des Bodens abhängen, so dass die Fauna wechselt, je nachdem der Meeresgrund eben oder felsig und rauh, kalkig oder sandig ist. Immerhin gehen auch diese Fische bis zu 300 Faden Tiefe, und zieht man die extrem litoralen Formen ab, welche sich an einzelne Verhältnisse angepasst haben und nun an diese gebunden sind, so bleibt auch hier eine in ihrer Facies constante Fauna zurück, welche im Verfolge der geologischen Verschiebungen der Küstenlinien die Ränder je eines grösseren Oceans ziemlich gleichmässig invadiren kann, wenngleich es ihren Angehörigen verwehrt ist, die grossen Becken nach Art der pelagischen Fische zu durchqueren. In den Küstenfischen in dieser Begrenzung haben wir die normalste Fauna eines Oceans zu erblicken, welche am ehesten einen Vergleich mit anderen Gebieten zu ziehen gestattet, und am besten vollzogene Veränderungen in der Gestaltung der Fauna, sei es durch Wanderungen, sei es durch geologische Factoren, widerspiegelt, während die pelagischen Fische, schon ihrer Anzahl nach von geringer Bedeutung, unstäte Wanderer sind, welche ungeheuere Flächen durchmessen, ohne einem engeren Bezirke anzugehören, und die Tiefseefische eine fast einheitlich, unter Hochdruck aufbewahrte Fauna bilden, die durch Anpassung an das abyssale Leben das Beispiel einer zwar ungestörten, aber auch fast unveränderlichen Existenz bieten.

Wohl nie wird es geschehen, dass ein Tiefseefisch seinem Käfig wieder entrinnt, aber beständig werden aus den litoralen und pelagischen Faunen einzelne geeignete Glieder gleichsam in die Tiefe hinabgezogen. Bei sehr vielen fossilen Fischen, welche auf Grund der Aehnlichkeit mit bekannten Tiefseefischen als solche angesprochen werden, dürfte die Frage erlaubt sein,

ob sie nicht vielmehr die litoralen Vorfahren jetzt allerdings auf die Tiefsee beschränkter Fische seien.

Die Palaeontologie kann noch einen anderen Nutzen aus den Otolithen ziehen, indem sie die Resultate jener Studien, welche an recentem Material angestellt wurden, mit den ihrigen verbindet. Der Form des Gehörorgans kommt ein ungewöhnlich hoher systematischer Werth zu, da es im Innern des Körpers den gewöhnlichen Anpassungsreizen entzogen ist; so verliert es selbst bei den Schollen nie seine symmetrische Ausbildung, obwohl der ganze Gesichtstheil des Schädels sich verschieht. Viel beträchtlicher noch ist das Trägheitsmoment, das der Form der Otolithen innewohnt, die gleichsam unberührt von den Verschiebungen und Ausstattungen des Körpers bleiben, obwohl die Unterschiede der Arten auch hier nach Abschattirungen der Charactere zu verfolgen sind. Eine sorgfältige Verarbeitung beider, sowohl der Charactere des Labyrinths wie der Otolithen, wird sicher zum Ziele führen und wahrhaft verwandte Formen auch unter den Verhüllungen, wie sie das bewegte Leben des Meeres stets neu hervorbringt, zu erkennen ermöglichen, ebenso wie sie durch manche Gruppen einen Schnitt legen muss, der vielleicht zunächst überraschen wird. Je stärker die Anpassungskräfte spielen, um so häufiger wird sich das herausbilden, was man im rückübertragenen Sinne auch beim thierischen Körper eine Facies oder vielleicht noch besser eine Function jener genannten Impulse nennen könnte, was häufig als natürliche Familie oder Gruppe aufgefasst wird und doch nur eine Convergenzerscheinung differenter, genealogischer Zweige ist. Nach willkürlich vorgezogenen Aehnlichkeiten eine Gruppe zu bilden oder bestehen zu lassen, die nach Ausweis anderer Charactere Mitglieder verschiedener Abstammungsreihen in sich vereinigt, verstösst gegen die natürliche Systematik. Diesen Ausweis liefern solche Charactere, die der Anpassung gegenüber eine grosse Sprödigkeit und Unbildsamkeit besitzen, d. h. solche Organe, welche dem Getriebe der Aussenwelt gleichsam entzogen sind. So schält sich aus den Physostomen zunächst die grosse Gruppe der eng verwandten Cypriniden, Characiniden und Siluriden heraus, obwohl Karpfen und Welse äusserlich auffallend verschieden aussehen.

Weder aus den Elasmobranchiern (Haie, Rochen), noch aus den Holocephalen (Chimären), oder Dipnoërn (Lungenfische) hervorgegangen, knüpfen die Teleostier durch ausgestorbene Ganoiden direct an einen Urtypus an. Während die Ganoiden nur in wenigen Gattungen die Jetztzeit erreicht haben, zwischen denen die Verbindungen ebenso abgebrochen sind, wie zwischen lebenden Ganoiden und Teleostiern, kommen die letzteren, deren mono-

phyletischer Ursprung aus den Clupeïden (Häringen) verwandten Formen wahrscheinlich und mindestens in den Anfang der Jurazeit zurück zu verlegen ist, schon im Tertiär zu hoher Blüthe. Die Spaltung in eine Anzahl genetischer Linien muss früher eingetreten sein. Am weitesten entfernen sich die Lophobranchier, aber auch die Physostomen im engeren Sinne stehen sehr isolirt und scheinen sich durch Arius ähnliche Gestalten schon im Beginn der Kreidezeit abgelöst zu haben. Bald folgen Plectognathen und auch die Anacanthinen, deren Trennung in gadoide (schellfischartige) und pleuronectoide (schollenartige) jedenfalls weit zurück reicht; die Macruriden bildeten sich aus verschiedenen, in die Tiefsee eingewanderten Gadiden und den nahestehenden Ophidiiden. Zwischen die Anacanthinen und die übrigen Teleostier schalten sich noch Lophiiden, Malthiden und Gobiiden ein, die viel engere Beziehungen zu jenen wie zu den Acanthopterygiern (Stachelflossern) zeigen. Diese letzteren gewinnen ihre typische Entwickelung in den percomorphen (barschähnlichen) Fischen und sind durch Uebergänge mit den clupeiformen Physostomen verbunden. Physostomen und Pharyngognathen sind keine natürlichen Gruppen, sondern auf Grund eines nicht wesentlichen Merkmales vereinigte Abtheilungen, die theils bei anderen Familien unterzubringen, theils als solche Formen zu betrachten sind, die aus der Anfangsgruppe der Clupeiden nach anderen Richtungen als die echten Acanthopterygier sich entwickelt oder in vermittelnden Stadien Halt gemacht haben.

C. Die Entwickelung der Flora und das Klima der Tertiärzeit.

Die Flora der Tertiärzeit fesselt weniger durch auffallende Formen, die sich auf die Gegenwart nicht vererbt haben, als durch die wechselvolle Beziehung der Pflanzen zu ihrem Standorte und die Vereinigung von Geschlechtern und Familien, die heute scharf getrennte Vegetationsbilder characterisiren. Nicht darin ruht der Werth der tertiären Pflanzenreste, dass sie die Fächer unseres Systems füllen, sondern in den Aufschlüssen, die sie dem Systematiker über die Herkunft und die genetische Verknüpfung der lebenden Arten, dem Phytogeographen über Mischung und Entmischung der Floren, die früheren Wanderungen der Sippen und die Zertheilung der Pfade, die naheverwandte Arten in entgegengesetzte Gebiete geführt haben, dem Geologen über Wärmeschwankungen, die Abnahme der Temperatur zur Tertiärzeit, die Vorbereitung der Eiszeit und endlich der gegenwärtigen Klimate geben.

Vor mehr als 20 Jahren schrieb der ausgezeichnete Botaniker Unger:

„Der Fortschritt der Wissenschaft wird auf unzweideutige Weise zeigen, dass ein Pflanzensystem nimmermehr als eine beliebige Anreihung von Formen nach ihren morphologischen Werthen und äusseren Affinitäts-Beziehungen bestehen könne, dass dasselbe vielmehr im Geiste historischer Entwickelung aufgefasst werden müsse, wobei die verschiedenen Glieder nicht blos neben, sondern auch über einander sich zur Einheit der Gesammterscheinung verbinden."

Entwickelungsgeschichtliche Erfolge sind aber am wenigsten erzielt; es mag das am Material, es mag aber auch besonders daran liegen, dass vom Beginn der Tertiärzeit an die Gruppen uns fest geschlossen entgegentreten, dass unter dem Einflusse des wechselnden Klimas und der Wanderungen sich zwar fortwährend neue Arten ablösen, dass sie aber als Oscillationen in den Typus zurückfliessen, ohne zum Ansatzpunkte neuer Geschlechter zu werden. Da in so alten Zeiten, wie im Wealden und der unteren Kreide uns noch lebende Geschlechter von Laubbäumen entgegentraten, können wir nicht erwarten, im Tertiär den Schlüssel für das heutige Nebeneinander der Pflanzen zu finden. Es enthüllt sich das Bild grossartiger Wanderzüge, aber nicht das Wachsthum des Stammbaumes.

Hier möchte ich an die classischen Ausführungen erinnern, die Darwin der geographischen Verbreitung der Arten gewidmet hat, und besonders einen Ausspruch herausgreifen, der hier zur Anwendung kommt. Wenn Arten, die mit einander in unmittelbarem Mitbewerb stehen, in Masse nach einer neuen und nachher isolirten Gegend auswandern, werden sie wenig abändern, weil sie ihre Lebensatmosphäre gleichsam mitnehmen, und der Contact mit neuen Lebensbedingungen ein weniger starker Anreiz zum Abändern ist, als die Berührung mit den benachbarten Organismen. Ich weiss wohl, dass der zweite Theil des Darwin'schen Gedankens gegenwärtig auf energischen Widerspruch stösst und hin selbst weit entfernt, ihn in dieser Schärfe aufrecht zu halten, aber doch ist hier mit genialem Scharfblick eins der wichtigsten, besonders für die geographische Vertheilung der Pflanzen sich bedeutsam heraushebenden Momente berührt. Bei den Pflanzen, denen die Gabe der willkürlichen Beweglichkeit fehlt, können wir weniger als bei der Thierwelt isolirte Wanderzüge einzelner Typen erwarten, aber wir sehen oft Simultanbewegungen und Frontänderungen der ganzen Vegetation, denen irgend eine allgemeinere Ursache zu Grunde liegen muss. Die klimatischen Veränderungen stehen im Vordergrunde; es fragt sich aber, wie weit wir diese selbständig behandeln können, ob sie von den topographischen Veränderungen der Erdoberfläche abgelöst werden dürfen, denen gewiss eine

nicht weniger wichtige Rolle zufällt. Ist das Klima eine Function der Sonnenbestrahlung und der Art der Fläche, auf die diese treffen, also der Anordnung der Länder, so ist jeder Aenderung des Klimas eine solche der Continente und Meere vorausgegangen und coordinirt, und dann greifen die Impulse aus Klima und verändertem Areal mächtig in einander.

Es tritt aber häufig hervor, dass eine ganze Flora oder doch ein grosser Theil ihrem Klima gleichsam nachgezogen ist. Dann haben wir Simultanbewegungen reinsten Stiles, und da die gleiche Gesellschaft überall unter gleichen Bedingungen bleibt und Landstriche besetzt, aus denen diese selben Bedingungen die alte Bevölkerung vertrieben haben, so handelt es sich im Wesentlichen nur um horizontale Verschiebungen der Wohnbezirke. Ein schlagendes Beispiel ist die Ausbreitung der arctischen Flora im Gefolge der Eiszeit, aber es gehört hierher auch wohl die das ganze Tertiär durchziehende Flucht der europäischen Pflanzen gegen die Mittelmeerländer hin.

Andere Bedeutung erhält diese Klimafolge der Pflanzen, wenn sie in keine unbewohnten oder verlassenen Areale führt, sondern eine Concentrirung aller Elemente, welche gleiche Ansprüche machen, bedingt. Die Hebung eines Hochgebirges mag einem grossen Theile eines Continentes sein tropisches, feuchtes Klima nehmen, die Bewohner nach Gegenden treiben, wo dieses noch herrscht und eine ihm angepasste Pflanzendecke schon vorhanden ist. Die Ankömmlinge treffen die meisten Stellen besetzt, haben keine Vortheile über die Einheimischen aufzuweisen, und wenn auch der gesteigerte Wettbewerb hier und da zur Entfaltung neuer Eigenschaften führt, so bleibt das Land doch wesentlich im Besitze der alten Bewohner. Hier liegt die Bedeutung in dem Rückschlage, den der Anprall gegen die unerschütterlich stabile, besitzende Flora ausüben wird, und der einem starken Zwange, sich in die allmähliche Aenderung des Klimas zu schicken, gleichkommt. So zweigt sich eine Gebirgsflora aus der Mutterflora ab.

Die Wanderzüge des Menschen über die Erdoberfläche haben hervortreten lassen, dass die Organismen sich durchaus nicht überall den Lebensbedingungen am besten angepasst haben, oder dass die in irgend einer Gegend angetroffenen Pflanzen und Thiere gleichsam die berufenen Bewohner des Landes sind. Die Constellationen sind in hohem Grade abhängig von den Verbreitungstrieben und Verbreitungsfähigkeiten der Organismen, von den Verschiebungen und natürlichen Grenzen zwischen Meer und Festland, schliesslich von der Existenz von Barrièren auf den Ländern selbst. Für Inseln bildet das Meer eine starke Barrière; gerade hier hat sich oft gezeigt, wie die zufällige oder relicte Bevölkerung der Inseln durch Fremdlinge, die

im Gefolge des Menschen eingeschleppt sind, mit reissender Schnelligkeit überwältigt ist. Zahlreiche Beispiele, dass die natürliche Verbreitung eines Organismus kein Spiegelbild seiner Beziehung zum Klima ist, noch den Grad seiner Abhängigkeit von diesem rein hervortreten lässt, führt uns die Geschichte der Culturpflanzen vor. Tabak und Mais aus den Hochländern Mexikos mit ihrem ewigen Frühling, die Kartoffel aus den chilenischen Anden, die Tomaten aus dem tropischen Peru, noch südlicher die Bohne, aus der Gegend des Sinai die Puffbohne, Kürbis aus dem äquatorialen Afrika und Südamerika, die Gurke vom Indus, Weizen und Gerste aus Mesopotamien, Spinat vom persischen Meerbusen — sie alle können wir in mitteldeutschen Gärten zusammen finden, und viele haben den Lauf fast um die ganze Erde gemacht und die verschiedensten Wärmezonen durchschritten. So innig die Beziehungen zwischen Pflanzenwuchs und Sonnenlicht und Wärme sind, so hat sich die Anpassungsfähigkeit der Pflanze doch einen grossen Spielraum gesichert, und wo die Gestalt der Oberfläche der Sonnenbestrahlung andere Bedingungen entgegensetzt, verwischt sich auch die zonale Vertheilung der Vegetation. Man braucht nicht auf die langgezogenen Regionen, welche die Kette der Anden begleiten, zu verweisen; die Nähe des Meeres, grosse Flussgebiete wirken häufig ganz ähnlich, und eine grosse Anzahl von Regionen befindet sich stets zum Körper des Festlandes in fast radialer Vertheilung, indem sie von der Küste aus sich gegen das Innere vorstrecken und abrunden.

Die weitere Ausdehnung einer Pflanze wird häufig gehindert durch physikalische Barrièren — dann schneiden die Provinzen scharf gegen einander ab, wie West- und Ostseite der Anden, Süd- und Nordabhang des Himalaya; oder durch eine Steigerung der klimatischen Differenzen, welche das Gedeihen der Pflanzen allmählich beschränkt — dann verwischen sich die Charactere der Provinzen gegen die Peripherien und Mischgebiete begleiten die Grenzen; oder aber durch eine historische Entwickelung, indem andere Pflanzen von einem zum Gedeihen wohl geeigneten Territorium früher Besitz ergriffen haben und die nachträgliche Einwanderung erfolgreich verhindern — so hat die Glacialzeit die Tertiärflora aus Mitteleuropa vertrieben, und bei der Rückkehr haben sich nicht alle gleichmässig wieder eingestellt, sondern eine grosse Anzahl fand den Platz schon besetzt. Obwohl sie in unseren Anlagen gedeihen und Früchte zeitigen, bilden sie doch keinen Bestandtheil der Flora mehr.

In allen diesen Punkten spielen aber die geologischen Veränderungen eine grössere Rolle, als der unmittelbar durch die Sonnenbestrahlung ge-

schaffene Zustand. Wie die Anden in der Gegenwart den Gürtel der Zonen durchschneiden, so hat die Aufthürmung von Gebirgen, deren Spuren nur die geologische Forschung noch kennt, oftmals über die Oberfläche der Erde gewaltige Barrièren gezogen, die nicht nur in äquatorialer Richtung, sondern oft auch in fast meridionaler wirkten. Die continentalen Flächen sind durch das Wandern der Meere häufig weithin überfluthet, Steppenböden wurden zu flachen Meeresbecken, gebirgige Gegenden zu Inselgruppen, und wiederum sehen wir an anderer Stelle das Land dem Meere entsteigen, Inseln sich verbinden und Zusammenhang mit den Continenten gewinnen. Wir sind noch nicht im Stande, das Ausmass dieser Veränderungen genau angeben zu können, aber jeder Versuch, die gegenwärtige Mischung der Faunen und Floren zu erklären, muss mit ihnen rechnen. Werden durch Brüche einzelne Theile von einem Festlande abgetrennt, so werden hier auch Bruchtheile der Bevölkerung, Thiere wie Pflanzen, isolirt und exilirt. Von dem Kampf, der auf dem Festlande unter den Organismen herrscht, sind sie ausgenommen, aber deswegen erlahmt auch hier die Widerstandskraft leichter, und eine Einwanderung mehr gestählter Naturen schafft ihnen rasche Vernichtung.

Wo Landbrücken zwischen zwei Gebieten sich aus dem Meere heben, beginnt auch sofort die Diffusion der Bewohner. Jedes besitzt seine eigene Flora, diese ihre eigene Entstehungs- und Anpassungsgeschichte; die in beiden Gebieten entsprechenden Arten können von sehr ungleicher Stärke sein, und sobald die Schranke gefallen ist, wird sich ein lebhaftes Hinüber und Herüber entfalten. Wo einzelne Inseln im Verlaufe der Zeit zu einem anderen Bezirke geschlagen werden, entstehen Colonien fremder Elemente, die allmählich aufgesogen werden oder zu einem neuen Characterzuge der Bevölkerung Anlass geben — kurz, die unendliche Reihe der Veränderungen der Oberfläche, welche die Geologie uns enthüllt, ist für die Anlage der Vertheilung der Organismen bestimmend. Das im Laufe geologischer Zeiten erworbene Gleichgewicht der Gesellschaft wird immer wieder gestört, und im Aushalanciren werden neue Arten entstehen und alte vernichtet. Bei diesem geologischen Zusammenschweissen der Floren handelt es sich nicht so sehr um grosse simultane Bewegungen, als um gesondertes Ausschwärmen der Arten in das fremde Gebiet. Der Gelegenheiten zur Verbreitung und Verschleppung sind ja unendlich viele. Tritt nun auch hier, wie das bei grossartigen geologischen Vorgängen, beim Schwinden von Meerestheilen, der Umwandlung mehrerer Inseln zu einem Festlande nicht anders zu erwarten ist, ein Wechsel des Klimas hinzu, so werden die angedeuteten Vorgänge des Kampfes noch

potenzirt, da alle Arten mehr oder weniger erschüttert werden und ein allgemeines Ringen entsteht.

Die Floren, die in geologischer Folge wie Wellen über den Boden Europas hinweggegangen sind, spiegeln fast alle diese Vorgänge wieder. Geologische Phänomene treten in eine Reihe mit klimatischen, und nur bei aufmerksamer Würdigung beider werden die Eigenheiten des fossilen Materials voll verständlich. Es muss hinzugesetzt werden, dass diesem selbst durch die Art der Erhaltung wie des Erhaltenen eine Sprödigkeit inne wohnt, die nicht von allen bemeistert werden kann. Zerstreute Blätter, die der Wind in einen Bach, dieser in den See getragen hat, sind oft die einzigen Reste der verschwundenen Vegetation, während die für den Systematiker wichtigeren Eigenschaften der Gattung sich mehr in den Blüthenorganen ausprägen. Blätter weit von einander entfernter Gattungen ähneln sich oft im Umriss und in der Nervatur, die derselben Art sind von verwirrender Mannichfaltigkeit. Von einem Eichbaum, einer Pappel lassen sich Dutzende sogenannter Arten ablesen. Auf keinem andern Gebiete hat der Zustand des Materiales, mit dem die Palaeontologie ja stets im Kampfe liegt, so hemmend eingewirkt. Die pflanzliche Individualität, ihr Habitus, die weiten Grenzen, in denen die Oscillationen mancher Charactere, wie die Blattform, der Aufbau des Holzes, bei den Arten sich bewegen, sind lange übersehen. Linné'scher Geist hat die Botanik gross gemacht, und die Linné'sche Methode ist es, der sie ihre Erfolge im Kreise der Dilettanten zu verdanken hat. Bei der hier üblichen Weise, eine Pflanze zu bestimmen, wird sie aber auf drei oder vier Charactere festgenagelt; passen die Angaben nicht auf das eine oder andere Blatt, so passen sie doch auf eine Menge anderer, und sobald das ermittelt ist, versinken die beobachteten „Unregelmässigkeiten" wieder in das Meer der Vergessenheit. So bürgern sich durch die Diagnosen Schemata ein, die in Wahrheit nicht existiren. Dem Botaniker von Fach wiederum ist der Erhaltungszustand der Versteinerungen ungewohnt, irreleitend, und so muss sich die Palaeophytologie zwischen Klippen mühsam durchwinden.

In der neueren Zeit ist eine streng kritische Richtung erwacht. Männer wie Schenk und Nathorst haben erfolgreich gewirkt. Das aus den Tropen zuströmende Material, eingehendes Studium des Pflanzenwuchses in Ländern der warmen Klimata, die zugleich reich an tertiären Pflanzen sind, alles das kommt jetzt zusammen, um die Sichtung des Materials zu beschleunigen. Dementsprechend mussten auch ältere Anschauungen über die tertiäre Vegetation wesentlich berichtigt werden.

Die Untersuchung der fossilen Flora von Radohoj in Kroatien festigte in Unger den Gedanken, dass in ihr der Rest einer Universalflora sich erhalten habe, die erst in den folgenden Zeitperioden (sie selbst gehört dem unteren Miocän an) eine an bestimmte Zonen und Meridiane gebundene Vertheilung erfuhr. Palmen, Cinchona- und Myrsine-Arten, die Araliaceen-Gattung Gilibertia, ferner Engelhardtia, und mehrere Leguminosen, wie Copaifera, Mezoneurum, Mimosa, Acacia und andere liessen annehmen, dass man in den hier begrabenen Resten die Vegetation einer subtropischen Landschaft vor sich habe. Auffallend zahlreich waren nordamerikanische Typen vertreten, und da auch Anklänge an die Azoren und Canarien hervortraten, so war der erste Eindruck der, dass die Tertiärflora Europas ein Nachkömmling der noch gegenwärtig in Nordamerika erhaltenen Vegetation sei, oder dass ihre Ausläufer in Nordamerika eine Weiterentwickelung gefunden haben, während sie aus Südeuropa so gut wie verschwunden ist. Da weitere Untersuchungen auch Typen der japanischen und mittelasiatischen Flora, des tropischen Asiens und Amerikas, abessynische und capensische, ja selbst chilenische und australische Typen erkennen liessen, so bildete sich diese Anschauung zu der oben erwähnten einer Universalflora um.

Diese Anschauung ist auch heute noch viel verbreitet; eine specielle Form hat sie bei v. Ettingshausen gefunden, welcher dem australischen Floren-Elemente eine ganz besondere Bedeutung zumisst, hierin aber von Schenk lebhaft und in scharfer Weise bekämpft wurde.

Auch wenn die neuholländischen Typen ganz ausgeschieden werden müssen, bleiben zweifellos viele Elemente in der europäischen Tertiärflora zurück, deren Verwandte heute andere Wohnsitze einnehmen. Schwer wird es nur zu entscheiden sein, von wo das Zuströmen, wohin das Abströmen stattgefunden hat. Hier können wir der Kenntniss noch älterer Floren, besonders der altcretaceischen gar nicht entbehren, und ein genaues Studium der geologisch nachgewiesenen oder möglichen Brücken muss dazu kommen, wenn die Hypothesen nicht uferlos verschwimmen sollen.

Nach den genauen und kritisch sorgfältig durchgearbeiteten Tabellen, die wir Schenk verdanken, mögen hier einige sicher bestimmte Pflanzenreste aufgezählt werden, deren nächste lebende Verwandte eine begrenzte Heimath haben. Nordamerikaner treten bedeutsam hervor. Dahin gehören Sequoia, Taxodium distichum, Carya, mehrere Juglans, Myrica, Castanopsis (nur in der S. Nevada fossil), Sassafras, Benzoin, Ptelea, Sapindus, Aesculus, mehrere Acer, Berchemia, Fothergillia, Robinia, Gymnocladus, Porana. Die amerika-

nischen Typen vermehren sich sofort bedeutend, wenn wir auch solche hier aufführen, die nicht in Amerika allein, sondern auch noch in Europa oder in Nord- und Ostasien (Sibirien, Japan, China) vorkommen und nach unserer Ansicht aus Amerika in diese Länder eingewandert sind. Solche sind: Chamaecyparis, Betula, Castanea, Juglans, Populus (auch in das innere Asien und Nordafrika eingewandert), Celtis, Liriodendron, Rhus (bis Ostindien), Staphylea, Acer, Cornus, Liquidambar, Platanus, Hamamelis, Gleditschia (bis in die kaspische Region), Monotropa, Symplocos, Styrax, Fraxinus, Catalpa, Viburnum.

Unter den übrigen sind von besonderem Interesse erstlich solche, die nach einer grossen geologischen Vergangenheit gegenwärtig sehr isolirte Regionen inne haben. Man kann hier wohl weniger an Wanderungen, als an das Zusammenschmelzen eines grösseren Gebietes denken.

Die letzte Cycadee auf Euboea steht der Encephalartos Lehmanni Sansibars und des Caplandes nahe, Gingko adiantoidis Heer, zur Tertiärzeit von Italien bis Grönland einerseits, bis Sachalin andererseits verbreitet, gedeiht nur noch, halbcultivirt, in China und Japan, Sequoia, seit der Kreide bis in die arctische Region bekannt, heute nur am pacifischen Küstensaume Nordamerikas. Glyptostrobus, die gewöhnlichste europäische Tertiärconifere, ist auf China beschränkt, Callitris auf das westliche Nordafrika, Libocedrus auf Chile, Biota, einst auf Grönland, kommt nur in Japan und China fort, Cupressus ist rein asiatisch, Cedrus Lopatini aus Sibirien schliesst sich an Cedrus Deodora des Himalaya an.

Da Coniferen seit palaeozoischen Zeiten überall bekannt sind, ist es ein vergebliches Beginnen, die Entwickelungscentren der einzelnen Gattungen feststellen zu wollen. Sie sind bald hier- bald dorthin geschoben durch die Veränderungen der Küstenlinien und schliesslich zum Theil isolirt, während nur die Abietineen hierdurch universale Verbreitung erlangen. Wichtig sind sie besonders für die Beurtheilung des Klimas alter Zeiten. Wenn Abies schon im Wealden vorkommt, heute aber wesentlich den nördlichen Ländern angehört, so müssen die Anhänger jener Theorie, welche noch der Kreidezeit eine gleichmässig tropische Hitze zuschreiben, auch annehmen, dass diese und ähnliche Typen vom heissen zum kalten Klima übergegangen sind, ohne sich wesentlich zu verändern. Die Umdrehung des Satzes ergiebt sich von selbst. Man characterisirt die alten Floren als Mischfloren, durch deren Auflösung die heutigen Floren entstanden sind. Aber Mischung und Entmischung sind in diesem Falle keine Ereignisse, sondern fortwirkende Agentien. Wer nach vielen Jahrtausenden die Vertheilung der Pflanzenwelt in

der Gegenwart entziffert, wird wohl festzustellen haben, dass sehr viele Verschiebungen eingetreten sind, tropische Pflanzen nordwärts, nordische gegen den Aequator vorgeschritten sind und dass man irren würde, das Klima, in dem sie dann leben, auf die Regionen, aus denen sie kamen, zu übertragen. So würde auch der Schluss, dass das Vorhandensein zahlreicher Tannen und Coniferen in allen fossilen Floren ein Anzeichen geringerer Temperatur sei, eben so irrig sein, wie jener, der aus dem Vorkommen jetzt streng tropischer Formen gezogen wird.

Die Geschichte jeder Pflanzenfamilie lehrt, dass die Glieder eines engeren und engsten Verwandtschaftskreises über die Breiten zerstreut und den verschiedensten Klimaten angepasst leben können. Man muss auch bedenken, dass es sich dem Tertiär gegenüber nicht um übereinstimmende Arten, sondern um gleiche Gattungs-, häufig sogar nur um Familientypen handelt. Eine Uebereinstimmung der Art kennen wir (einige pliocäne Varietäten, besonders von Meximieux, ausgenommen) eigentlich nur bei Taxodium distichum, welches vom Eocän an in Europa verbreitet ist, gegenwärtig in Nordamerika in ziemlich denselben Breitengraden gedeiht, nämlich von den südlichen Staaten, die unserer Mittelmeerregion entsprechen, bis in die Gegenden Canadas, dort nur etwas zierlicher im Wuchs.

Noch mögen andere isolirte Arten hervorgehoben werden, welche während des Tertiärs in Europa wuchsen, jetzt aber in entfernte Gegenden gedrängt sind. Die einzelnen Nachzügler auf den Canaren und benachbarten Inseln schliesse ich aus; sie sind Reste der Tertiärvegetation, welche dort conservirt werden. Sabal, die im Oligocän und Miocän mehrfach gefundene Fächerpalme, ist eine westindische und virginische Form und vermuthlich noch im Tertiär über eine Landverbindung oder Inselreihe dorther oder dorthin gewandert. Die auf Phoenix bezogenen Reste verweisen auf mediterranafrikanischen Ursprung, da die Dattelpalme zwischen 18 und 30⁰ n. Br. vom Senegal bis zum Indus gedeiht; daher mag auch Sabal einer der Fälle sein, wo Amerika seine Arten aus der alten Welt bezogen hat. Sabal erreichte aber in Nordamerika höhere Breitengrade und ist auch in Europa mit anderen Palmen, wie Chamaerops, Phoenix, Palmacites Damaenorops etwas höher hinauf gewandert. Palmenstämme in der Braunkohle sind keine Seltenheiten; die Nordgrenze verlief von England über das Samland, die grönländischen Funde beruhten auf einem Irrthum.

Wenn im Vorhergehenden von einer Tertiärflora im Ganzen gesprochen ist, so darf doch nicht vergessen werden, dass dieses Bild zusammengezogen ist aus mehreren Einzelbildern, deren jedes die Flora in einer anderen Phase

darstellt, entsprechend der Configuration der Länder und dem Einfluss des herrschenden Klimas. Indem die Folge der Floren einen ganz bestimmten Ausdruck findet, lässt sie annehmen, dass auch die gestaltenden Factoren wesentlich nach einer Richtung hin sich geltend machten.

Schenk entwirft folgende Beschreibung von der Beschaffenheit des amerikanischen Continentes zur Kreide- und Tertiärzeit.

„Da, wo heute das ausgedehnte Präriengebiet, die wasserarmen und vegetationsarmen Hochflächen sich erstrecken, schuf eine umfangreiche Wasserfläche ähnliche Bedingungen für den Norden Amerikas, wie sie in Europa gegeben waren. Auch treten erst in der späteren Tertiärzeit Bodenerhebungen auf und konnte demnach weder in Europa noch im Norden Amerikas von klimatischen Differenzen in horizontaler, wie in senkrechter Richtung lange Zeit hindurch nicht die Rede sein, sondern ein ziemlich gleichmässiges Klima musste auf beiden Halbkugeln bis gegen den Pol sich erstrecken, in Folge dessen eine Baumvegetation in Grinnell-Land und Nordgrönland einerseits, in Spitzbergen andererseits ihr Gedeihen finden, eine Vegetationsform, welche diesen Regionen jetzt fremd ist; auch Nordcanada, am Mackenzieriver, und Alaska weisen in jener Zeit eine Vegetation auf, welche mit der heutigen beinahe nichts gemeinsam hat."

Dass die Unterschiede der Breitengrade allmählich zur Geltung kommen und auch die Höhendifferenzen sich äussern, dass das Klima im Allgemeinen weniger warm und feucht wird, bis zu dem Extrem der Vereisung hin, nach deren Schwunde die gegenwärtige Vegetation hergestellt wird, alles das erklärt sich nach Schenk durch die Zunahme des Festlandes, das Verschwinden der Wasserflächen in Innerasien, in Afrika (? Wallace) und Nordamerika, und durch das Aufsteigen der Hochgebirge.

Die Eocänflora hat in Europa tropischen und subtropischen Character; dafür sprechen die Fächer- und Fiederpalmen, Nipa, Ottelia, Aralien, Artocarpeen, Lauraceen, Menispermaceen und den indischen Nerium-Arten verwandte Formen in Mitteleuropa und England. Als Dryophyllum sind „wahrscheinlich den tropischen Eichen oder Castanopsis verwandte Blätter" beschrieben; diese Stütze für ein tropisches Klima ist natürlich unsicher, da doch die Arten der Gattung Quercus u. s. w. von einem Entstehungsgebiete aus, dessen Lage und Klima durchaus unsicher ist, in die Tropen und in die gemässigten Breiten vorgedrungen sind.

„In der darauf folgenden oligocänen Zeit trat eine Abnahme der Temperatur und zum Theile eine Abnahme der Feuchtigkeit der Atmosphäre ein." „Der Gesammtcharacter der Flora wird ein anderer durch das Auf-

treten einer Reihe von Formen, deren recente Verwandte nicht in den Tropen zu suchen sind. Es mögen, wie der Unterschied der Breitengrade, sich auch schon locale Verschiedenheiten geltend machen." Als solche wird das Fehlen der Palmen in Grönland angeführt. Dennoch sind die Palmenreste selbst im Eocän nicht so weit nach Norden verfolgt, wie im Oligocän, wo sie in England (Bovey Tracey), im Samlande, in ganz Norddeutschland in grösseren Mengen auftraten, und auch in Nordamerika hoch nach Norden hinauf ziehen. Dass während der Oligocänzeit jene Pflanzenformen erscheinen, deren heutige Vertreter Schenk in einer „Zone" findet, die Japan, die Mandschurei, Sachalin, Nordchina, die Amurländer, Centralasien, Sibirien, die caspische Region, Nordpersien, den Caucasus, Europa, das atlantische und pacifische Nordamerika umfasst (dazu als Filiale Chile!), mit anderen Worten, die nördliche Halbkugel bis zum Aequator (denn Schenk nennt als Südgrenze Mexiko, Abessinien und den malayischen Archipel), erklärt sich durch den Zusammenhang, den zur Oligocänzeit Europa und Asien gewannen und der auch beiderseits nach Amerika führte. Mit anderen Worten, die erleichterte Wanderungsfähigkeit, das Fallen mehrerer grosser Barrièren giebt den ersten Anlass zu jener Mischung, welche der Flora der nördlichen Halbkugel einen besondern Habitus verleiht, ohne dass die Frage des borealen Ursprungs der Arten davon berührt würde, da wir ja sahen, dass schon zur unteren Kreidezeit die floristischen Elemente weite Wanderungen unternahmen und Dicotyledonen von Amerika nach Europa drangen.

Das Miocän hat mit dem Oligocän nach Schenk viele gemeinsame Züge. Cycadeen lebten noch in Europa, auch Palmen. Diese letzteren kamen auch noch nördlich der Alpen vor, denn ein Theil der Braunkohlenlager, in denen sie sich finden, sind eben nicht oligocän, sondern miocän. Je mehr wir der Periode des oberen Miocäns uns nähern, um so mehr verschwinden die einer wärmeren Zone angehörigen Formen und treten jene der gemässigten Zone auf. Gegen das Ende der Miocänzeit scheint in den nördlichen Zonen, insbesondere in der arctischen Zone bereits eine bedeutende Temperaturerniedrigung stattgefunden zu haben; die Vegetation des Grinnell-Landes (81° n. Br.), Spitzbergens und Grönlands verräth diesen Character.

Die Temperaturabnahme setzte sich ins Pliocän fort. Neben recenten Arten oder ihren älteren Varietäten, jedenfalls also Typen, die noch in der Nähe leben, treten auch asiatische, afrikanische und nordamerikanische auf, sowie südliche Formen, die in der Gegenwart an Verbreitung nach Norden verloren haben. Von einer gleichmässig sich über Europa erstreckenden Temperatur (Klima) kann nicht mehr die Rede sein. Arundo aegyptiaca,

Bambusia lugdunensis und manche Laubbäume beweisen, dass z. B. bei Lyon noch südlichere Typen wuchsen; im Rheinthal gediehen Liquidambar, Juglans cinerea und tephrodes, Aesculus Hippocastanum. In Nordamerika reichten Diospyros und Sabal bis nach Californien, vielleicht noch im Pleistocän. Als Schlussglied in dieser Reihe folgt die Glacialzeit; nicht als Schlussglied des Ganzen, denn es hebt sich die bis dahin gesunkene Curve wieder bis zur Gegenwart. Indem wir erkennen, dass die Glacialzeit durch das Pliocän, dieses durch das Miocän vorbereitet wird, andererseits aber wissen, dass die Vergletscherungen der Eiszeit sich nicht halten konnten, werden wir gedrängt, das Sinken der Temperatur während des Tertiärs nicht in allgemein tellurischen, oder kosmischen, sondern in mehr localen Ursachen zu suchen, die an sich grossartig genug gewesen sein mögen, aber sich in keine mathematische Formel kleiden lassen.

Dennoch tritt das Streben bei vielen bedeutenden Gelehrten zu Tage, das Accidentelle von diesen Vorgängen abzustreifen und sie auf ewige Gesetze zurückzuführen. Zwei Anschauungen stehen sich gegenüber. Die eine, deren schon gedacht ist, lässt die Wärme der Erde sich allmählich erschöpfen, sei es, dass die seit ihrer Entstehung im Innern aufgespeicherte Gluth allmählich in den Weltraum verloren geht, sei es, dass die Sonne die Kraft verliert, der Oberfläche ihres Planeten wie früher Wärme zuzusenden. Ein allmählicher, den Lebenden unmerklicher, aber in der Geschichte der Erde eingetragener Ablauf führt zur Eisesstarre hinüber. Die andere Anschauung erwägt die verschiedenen Stellungen und Entfernungen, die unser Planet nach den Elementen seines Umlaufes der Sonne gegenüber haben kann und berechnet das Mehr oder Weniger an Wärme, das ihm hiernach in grossen Perioden zuströmt. Eine dritte Hypothese bildet einen Gedankenkreis für sich; sie macht das Klima direct abhängig von der Sonnenbestrahlung und erklärt sein Schwanken weder durch geologische Veränderungen, noch durch Abnahme der ausstrahlenden oder der zugeführten Wärme, sondern durch eine Verschiebung der ideellen Achse, um welche die Erde sich dreht. Geologische Vorgänge werden aber insofern nicht auszuschliessen sein, als sie die einzige Möglichkeit bieten, die Veränderung des Schwerpunktes, die hier gefordert wird, zu erklären.

Wir wollen etwas bei dieser Hypothese verweilen.

Schiaparelli hat in einer von Neumayr citirten Aeusserung den Geologen das Onus probandi überlassen, dass die von der Astronomie festgestellte Schwankung in der Lage der Erdachse in früheren Zeiten eine grössere Bedeutung gehabt haben könne. Eine Verschiebung der Pole und

grossartige Aenderungen in den geographischen Breiten sind allerdings Annahmen, deren Vertretung verantwortungsvoll ist, da sie auf alle geophysikalischen Verhältnisse nicht ohne Rückwirkung bleiben können. Nicht allein die unmittelbar vom Einfallswinkel der Sonnenstrahlen abhängigen Temperaturzonen, sondern alle Erscheinungen, die mit der Rotation der Erde in Verbindung stehen, müssten Veränderungen aufweisen, die sich unter diesen Gesichtspunkt ordnen lassen.

Einer unserer namhaftesten Forscher, Nathorst, hat in einer Abhandlung über die tertiäre Flora Japans die Frage zur Discussion gebracht, und es darf eine von so berufener Seite ausgesprochene Meinung hier nicht unberücksichtigt bleiben.

Weder die vorpliocäne, noch die postmiocäne Tertiärflora Japans hat bis auf den heutigen Tag irgend welchen Beweis für ein wärmeres Klima geliefert, ja kein einziges der bisher bekannten Pflanzenfossilien kann als endgültiger Beweis für eine zweifellose Temperaturerhöhung angesehen werden. Es wäre wunderbar, wenn bei der Aufsammlung der Fossilien überall der Zufall geherrscht hätte, dass man nur Arten eines gemässigten Klimas antraf, obwohl auch andere vorkämen. Auch der Altmeister Heer fasste seine reichen Erfahrungen über die fossile Flora von Sachalin und Alaska ähnlich zusammen. „Die Composition dieser miocänen Flora (von Sachalin) lässt auf ein wärmeres Klima schliessen, als wir es gegenwärtig auf Sachalin haben. Es wird dies namentlich durch das Cinnamomum, die Nilssonia, die Sterculia, Sapindus, Cassia und Smilax angezeigt; immerhin gehört die Mehrzahl der Arten zu Gattungen der gemässigten Zone. Die vorhin genannten Gattungen zeichnen die miocäne Flora von Sachalin auch gegenüber der miocänen von Alaska aus; sie geben ihr, entsprechend der um 9° südlicheren Breite, eine mehr südliche Färbung. Es ist aber auffallend, dass dies nicht in höherem Masse der Fall ist und das miocäne Sachalin gerade die häufigsten und wichtigsten Waldbäume mit dem miocänen Alaska theilt, wie denn auch die arctischen Arten in Sachalin gerade wie in Alaska noch 36% der miocänen Flora ausmachen. Es scheint daher über den Continent, welcher wahrscheinlich zur Miocänzeit vom 50° bis zum 70° nördl. Br. über diese Gegenden sich ausbreitete und Asien und Amerika verband, eine sehr ähnliche Vegetation verbreitet gewesen zu sein, und diese sagt uns, dass schon damals wie jetzt die Gegend um das Behrings-Meer unter gleichen Breiten kälter war als in Europa, dass daher schon damals die Isothermen in diesem Theile der Erde tiefer standen als in Europa, worauf mich schon früher die Untersuchung der Alaska-Flora geführt hatte.

Diese Annahme wird durch das nun reichere Material, welches uns von Sachalin zukam, bestätigt. Wichtig ist in dieser Beziehung besonders eine Vergleichung der miocänen Sachalin-Flora mit derjenigen des Samlandes und von Rixhöft. Obwohl diese Stellen um 5 Breitengrade nördlicher liegen als Dui, hat ihre Flora doch einen mehr südlichen Character und die arctischen Pflanzen bilden in derselben mit 38 Arten nur 23 Proc. [1])"

Neben vielen indifferenten Arten, über deren Lebensgewohnheiten keine sichere Anschauung zu gewinnen ist, tritt uns in der preussischen Miocänflora auch mancher Typus entgegen, der sich gegenwärtig in wärmere, südliche Breiten gezogen hat. Palmen fehlen, aber Feigen und Lorbeerarten sind häufig; Aralien, Diospyros, Styraceen, Sapotaceen, Gardenia, Myrsine, Parrotia u. a. verlangen sämmtlich andere Bedingungen, als sie gegenwärtig in Mitteleuropa herrschen. Man hat die Jahrestemperatur des miocänen Preussens auf 17° geschätzt.

Die miocäne Flora der Schweiz, die in den weichen Kalken Oeningens so viele gut erhaltene Reste hinterlassen hat, scheint ein noch wärmeres Klima anzudeuten. Während das jetzige Jahresmittel der Schweiz etwa 12°C. beträgt, hat Heer für die obermiocäne Zeit 18,5°C., für die untermiocäne 20,5°C. berechnet. Dort, wo jetzt die Isotherme von 12° das japanische Reich schneidet, bei 40° nördl. Br., müsste also zur Miocänzeit das Klima von Oeningen, ca. 20°C. geherrscht haben. In Wirklichkeit verlief schon damals wie jetzt die Isotherme von 20°C. weit südlich von ganz Japan.

Die auffallende Abweichung des miocänen Klimas in Japan scheint sich in Sachalin, noch mehr in Kamschatka zu verwischen, dessen Flora nach Nathorst sich aus Gattungen der gemässigten Zone zusammensetzt, wie sie für die arctische Tertiärflora characteristisch sind. Aus Grönland, Island und Spitzbergen sind von verschiedenen Forschern Pflanzen mitgebracht, die eine entschieden höhere Temperatur voraussetzen. Heer hat für die etwa unter 70° nördl. Br. auf Grönland gelegene Fundstelle sogar eine Temperatur von 12°C. berechnet. Das mag zu hoch gegriffen sein, da Fehler in der Bestimmung untergelaufen sind [2]), aber immerhin weist die ältere Tertiär-

1) Nathorst bemerkt, dass von den Arten, die für ein wärmeres Klima von Sachalin sprechen sollen, nur die Bestimmung der Nilssonia als gesichert angesehen werden kann. Aber über die Lebensverhältnisse dieser ausgestorbenen, meist zu den Cycadeen gerechneten Gattung ist nichts bekannt.

2) Das gilt besonders von den angeblichen Palmenblättern, deren eines gar nicht organischen Ursprunges, sondern ein sog. ripplemark ist, während das andere auf macerirte Fasern irgend welcher Pflanze aufgestellt ist.

flora, Nathorst's „vorbasaltische", mit Magnolien, Lauraceen, Diospyros u. a. auf den wärmeren Theil der gemässigten Zone, etwa Oberitalien, hin. Zur Zeit der jüngeren, „basaltischen" Flora ist die Temperatur gesunken, aber doch muss hier unter 70°25′ nördl. Br. die Temperatur noch reichlich so hoch gewesen sein, wie in Japan zwischen 35° und 40° nördl. Br.! Auf der Haseninsel, der Hauptfundstätte der basaltischen Flora Grönlands, trifft man Gingko, Thuja, Libocedrus, Taxodium, Sequoia, Populus, Betula, Fagus, Castanea, Quercus, Ulmus, Platanus, Juglans und viele andere, auch ausgezeichnet erhaltene Fruchtformen von Walnussbäumen, welche beweisen, dass die Walnussbäume hier noch zur Fruchtreife kamen. Das ist wichtig, da viele Bäume und Gesträuche trotz gesunkener Temperatur zuweilen ausserhalb ihrer eigentlichen Zone hängen geblieben sind, aber nicht mehr zur Fruchtreife kommen können. Unsere Anlagen bieten viele Beispiele.

Die isländische Flora weicht durch die Abwesenheit der Sequoien, Taxodien und Pappeln, die sonst überall in der arctischen Tertiärflora vorkommen, ebenso durch das Fehlen aller Eichen, Buchen, Kastanien und Hainbuchen in bemerkenswerther Weise ab, doch weisen Lauraceen, Vitis, Juglans, Acer, Prunus u. s. w. unter 65° 30′ nördl. Br. auf ein ebenso warmes Klima hin als die vorpliocäne Flora Japans anzeigt.

Für das tertiäre Spitzbergen unter 78° nördl. Br. nimmt Heer eine Jahrestemperatur von 9°C., für Grinnell-Land unter 81°44′, wo die Sumpfcypresse noch immer vorkam, eine solche von 8°C. an, Temperaturen, die jetzt im mittleren und südlichen Yeso und in Mittel-Deutschland herrschen.

Diese hohen Temperaturen echt arctischer Länder im Verhältniss zu der relativ kühlen Japans sind gewiss auffallend. Neumayr, der so ziemlich auf demselben Standpunkte steht wie Nathorst, führt aus, dass durch eine Verschiebung des Nordpols im Meridian von Ferro um 10° gegen das nordöstliche Asien hin keine der Pflanzenfundstellen nördlicher als 73° zu liegen käme, und dass die Abkühlung in Alaska, Sachalin und Japan hierdurch ebenso ihre Erklärung fände wie die Wärme in Europa. Nathorst hält eine Verschiebung von 10° nicht für ausreichend, und nimmt versuchsweise eine solche von 20° an, so dass der tertiäre, vorpliocäne Nordpol seine Lage im nördlichen Asien etwa unter dem 70. Grade nördl. Br. und 120. Grade östl. L. von Greenwich findet. Dann gruppiren sich die nordischen Floren so, dass die der Tschirimyi-Kaja unter 85° nördl. Br. an der Lena am meisten in der Nähe des angenommenen Poles lag. Die Pflanzen zeichnen sich hier

anscheinend durch die Kleinheit ihrer Blätter aus, während alle Floren mit immergrünen Laubbäumen ausserhalb des miocänen Polarkreises fallen.[1])

In vollem Einklange mit dieser angenommenen Lage der Pole schien auch die Beobachtung Philippi's zu stehen, dass die miocänen und eocänen Mollusken Chiles etwa unter 35° nördl. Br. keine Formen enthalten, welche den Schluss auf ein wärmeres Klima als das heutige gestatten, denn die Verschiebung des Nordpols würde auch den Südpol unter dem 60. Meridian westl. L. von Greenwich Chile um 20 Breitengrade näher bringen.

Hier ist nun zunächst hervorzuheben, dass die Fauna der Westküste Amerikas noch heute einen gleichsam kälteren Character bewahrt hat, der nur in der Gegend des Isthmus durch eine tropische Colonie, das Relict einer früheren Verbindung der beiden Weltmeere, unterbrochen ist. Alle Schlüsse aus dem nichttropischen Character der fossilen Mollusken, soweit sie den Beweis eines früher kühleren Klimas bezwecken, werden damit stark erschüttert.

Die von Francke bei Potosi in Bolivia (19° 21′ südl. Br.) und von Ochsenius bei Coronel in Chile (37° südl. Br.) gesammelten Tertiärpflanzen sind nach Engelhard's Bestimmungen die nächstverwandten Formen oder die Voreltern der im tropischen Süd- und Mittelamerika wachsenden Arten, und deuten mit Bestimmtheit auf ein feuchtes und sehr warmes Klima. An ihren jetzigen Fundpunkten, in ca 4000 m und mehr Höhe über dem Spiegel des stillen Oceans würden sie nicht mehr gedeihen können; hier herrscht ein viel kühleres Klima, wie es der raschen Aenderung der Temperatur in verticaler Richtung entspricht. Während sich in ebenen Gegenden die Temperatur innerhalb eines Breitengrades noch nicht um einen vollen Grad des hunderttheiligen Thermometers verschiebt, ändert sie sich in verticaler Richtung für einen Kilometer um 5½°. Während der allmählichen Hebung der Anden, die hiernach bis in sehr junge Zeiten sich fortgesetzt haben muss, wanderten die bolivianischen und chilenischen Cassien, Sweetien u. a. nach Norden und Osten in die wärmeren Tiefen Perus und Brasiliens. Zur späteren Tertiärzeit aber herrschte, das lernen wir aus diesen Pflanzen, in derselben Gegend, in welche der hypothetische Südpol fallen musste, ein hochtropisches Klima. Auf ein wärmeres Klima als es heute im äussersten Süden Amerikas herrscht, bezog auch Schenk die ebenfalls von Ochsenius bei Puntas Arenas gesammelten Blätter. Was früher schon Engler aussprach, dass die antarctische Region ein zweiter Ausstrahlungspunkt für die Ver-

1) Die Nilssonia von Sachalin ist allerdings auffällig. Vgl. Anm. auf S. 538.

breitung der Pflanzen gewesen sei, wird durch diese neueren Beobachtungen nur bestätigt. Wo aber grosse Verschiebungen der Pflanzenwelt zu erkennen sind, werden solche der mit ihr in Wechselwirkung stehenden Fauna nicht fehlen.

E. von Toll sammelte an den „Holzbergen“ der Insel Neusibirien, die sich als Durchragungen der Braunkohlenformation durch das ausgedehnte Quartär herausgestellt haben, eine Anzahl Pflanzen, die Schmalhausen bestimmt hat. Bei der Annahme einer Polverschiebung im Sinne Nathorst's würde diese Flora, die jetzt durch den 75. Grad nördl. Br. bezeichnet wird, uns unter dem 80. Grade begegnen, aber die Nähe des Pols macht sich in der neusibirischen Flora durchaus nicht geltend. Zweifellos herrschte hier ein gemässigtes Klima: Populus arctica mit grossen, schön ausgebildeten Blättern, eine zweite Pappelart, reife Früchte von Nyssidium und Diospyros, eine Reihe grosser Coniferen, unter ihnen Sequoia Langsdorfii, Taxodium, Glyptostrobus, sprechen zu deutlich hierfür. Die angebliche Verkümmerung der Flora von Tschirimyi mag einem Zufall beim Sammeln oder localen Einflüssen zuzuschreiben sein — ihre Beweiskraft ist nach der Untersuchung der neusibirischen Pflanzen erschüttert, zumal v. Toll in dem Tertiär am See Tastach die südliche Fortsetzung des Tertiärs der Insel Neusibirien sieht und auch die Ablagerungen des Tschirimyifelsens zu einem und demselben polaren Festlande rechnet, für dessen weitere Verbreitung auch im Westen des sibirischen Festlandes einige Andeutungen genannt werden. v. Toll hebt auch hervor, dass auf Sachalin, welche Insel nach der angenommenen Verschiebung unter den 67. Grad nördl. Br., also noch innerhalb des Polarkreises käme, von Heer eine „immergrüne Prunus-Art“ nachgewiesen ist, während auf Grinnel-Land, das dann unter 62° nördl. Br., also 5 Grad südlicher läge, nicht nur kein immergrüner Baum nachgewiesen ist, sondern vielmehr ein typisch nordischer wie Pinus abies. Das Vorhandensein von 5 Pinus-Arten im Tertiär des Grinnel-Landes, von 12 wohl unterscheidbaren Pinus-Arten auf Spitzbergen, und unter diesen 2 Rothtannen, von zweien, darunter Larix polaris Schmalh., auf Neusibirien bekunden deutlich ein nordischeres, circumpolares Gepräge der miocänen arctischen Flora.

So scheinen doch die Argumente für eine unveränderte Lage des Poles zur Tertiärzeit (Nathorst setzt consequent auch für die früheren Perioden ähnliche Abweichungen voraus und findet deren Andeutungen in der Flora des oberen Juras von Spitzbergen) sich zu mehren und das Uebergewicht zu erlangen.

Ob die geologisch nachgewiesenen Vorgänge in der Erdrinde das Gleich-

gewicht so stören können, dass die Rotationsachse ihre Lage verändert, ist mindestens zweifelhaft. Unter den aufgethürmten Hochgebirgen sollen nach neueren Anschauungen lockere, specifisch leichte Erdrindetheile (die „Massendefecte" der Geodäten) sich befinden, der Boden der Meere soll specifisch dichter sein; die Senkungsgebiete würden also hierdurch dennoch den Gebirgsländern die Wage halten. Kann überhaupt die gewaltige, in schnellster Rotation befindliche Masse der Erde von ihrer dünnen Rinde so beeinflusst werden? Und welche Consequenzen soll man ziehen für die Abplattung der Erde, welche doch zugleich mit der Rotationsachse sich verschieben und damit zu einem geologischen Stimulans ersten Ranges werden muss?

Fragezeichen lassen sich zwar jeder Hypothese anhängen, aber hier scheint doch das, was gefordert wird, nicht im Verhältnisse zu dem zu stehen, was erreicht wird.

Die alte Hypothese von dem ursprünglich tropischen Klima ist neuerdings wieder von Pfeffer aufgenommen und zur Lösung zoologischer Fragen verwerthet. Nach ihm herrschte es bis zur Kreidezeit in gleichmässiger Verbreitung über die Erde und bewahrte eben hierdurch die Thierwelt vor Sonderung nach faunistischen Provinzen. Bildeten sich in Folge topographischer Verhältnisse Sonderfaunen eines Gebietes aus, so erlangten sie doch nicht die Bedeutung der jetzigen zoogeographischen Zonen, sondern wurden immer wieder in die allgemeine Einheit der Universalfauna eingeschmolzen, in welcher der Character der tropischen Küstenzonen zum Ausdruck kam.

Es handelt sich, wie man sieht, zunächst um die Thiere des Meeres, aber die Thatsache wäre, wenn sie erwiesen werden kann, sicher auch für das Land und seine Bewohner, besonders für die Pflanzen, von denen wir ausgingen, von hoher Wichtigkeit. In der Kreidezeit machen sich die Anfänge klimatischer Aenderungen bemerklich, die dann im Verlaufe des Tertiärs zu der bekannten zonalen Vertheilung der Faunen und Floren führen. Die Abnahme der Wärme auf der Erdoberfläche ist nach ihm die Folge einer weit grösseren Erscheinung, nämlich der beginnenden Abkühlung der Sonne. Ihre Strahlen führen nicht mehr das volle Mass der Wärme jener Urzeiten zu, und an den Polen kühlt sich das Meereswasser so stark ab, dass es niedersinkt, dem Aequator zuströmt und sich auf dem Grunde der Weltmeere ansammelt.

Vermöge seiner niedrigen Temperatur bringt das sinkende Wasser die grösstmögliche Masse aufgelöster Lebensluft mit hinab, und vermöge der Diffusion erhält es sich auf dem Zustande der Sättigung. Die todten Leiber der pelagischen Thiere fallen in Massen zum Boden herab, verbleiben wegen

der niedrigen Temperatur und des hohen Druckes hierselbst ausserordentlich lange unzersetzt und dienen den Tiefseethieren als Nahrungsquelle. Die grosse Sauerstoffmenge und die Langsamkeit der Zersetzung des Plasmas sind die beiden günstigen Momente in der Oede und Lebensfeindlichkeit der natürlichen Bedingungen der Tiefsee; sie kommen in Wegfall, wenn die Sonnenwärme hinreicht, auch dem polaren Wasser eine nach unseren heutigen Begriffen tropische Temperatur zu geben.

Aus der Litoralfauna in dieser vortertiären Verbreitung leiten sich die Typen aller übrigen Faunen des Meeres — pelagische, Tiefsee- und brackische Fauna — und des süssen Wassers ab. Der fortschreitenden Abkühlung an den Polen gemäss zog sich die alte Fauna gegen den Aequator hin zusammen; als Relicte blieben in erster Linie diejenigen Thiere, welche mit der empfindlichen Rifffauna nichts zu thun hatten, während die Riffkorallen und das Heer ihres Anhanges zum Wandern gezwungen waren. Im Süden wie im Norden blieben daher gleichartige Faunenelemente hängen und es erklärt sich hierdurch die auffallende Uebereinstimmung der so weit, durch Schranken, die kaum ein Thier überwinden kann, getrennten Gebiete der Arctis und Antarctis. Es erklärt sich auch zugleich der ausserordentliche Individuen-Reichthum der polaren Zonen; denn die verhältnissmässig wenigen Arten, welche nach der Fauneuscheidung zurückblieben, konnten sich fast unbeschränkt vermehren. „Da nun die Nahrungsquellen der kalten Zonen nicht geringer sind als die der heissen, und die das ganze Jahr hindurch ungefähr gleichmässige Temperatur des Wassers eine der günstigsten Bedingungen des Thierlebens bildet, so stellte sich der eigenthümliche Gegensatz heraus, dass in den Tropen sehr viel Arten durch verhältnissmässig weniger Individuen, in den polaren Zonen dagegen weniger Arten durch verhältnissmässig mehr Individuen vertreten sind."

Sobald wie die Sauerstoffverhältnisse des herabsinkenden polaren Wassers und die Ernährungsverhältnisse des Meeresbodens überhaupt thierisches Leben ermöglichten, stiegen polare Thiere in die Tiefe. Waren doch diese in den polaren Zonen zurückgebliebenen Thiere gerade solche, die im Gegensatze zu den Riffthieren kälteres und tieferes Wasser schon längst vor der Faunenscheidung zu ertragen gewöhnt waren; ebensowenig bot die Dunkelheit der Tiefe diesen an die arctischen Winternächte gewöhnten Thieren ein Hinderniss. Die Anlage der Tiefseefauna erfolgte etwa zur Kreidezeit, und eine ziemliche Anzahl alter Kreidethiere sind durch die Tiefseeforschungen dem Lebenden wiedergegeben.

Die ganze Süsswasserfauna darf (nach Pfeffer) nur aus der Brackwasser-

fauna abgeleitet werden, und diese ist zur heutigen Zeit ganz einheitlich ausgebildet, war es früher auch in gemässigten Klimaten und muss es gewesen sein, weil sie sich aus der alten, einheitlichen Litoralfauna ableitet. In das brackische Wasser begaben sich aber nicht beliebige Typen, welche die Fähigkeit, salzarmes Wasser zu ertragen, individuell erworben hatten, sondern gewisse systematische Gruppen besassen vermöge ganz besonderer Organisationsverhältnisse diese Fähigkeit von vornherein und konnten sie an entgegengesetzten Orten der Erde zur gleichen Zeit zur Ausführung bringen, ein Gedanke, der ähnlich auch von Darwin ausgesprochen ist, allerdings in ganz anderer Accentuirung.

Die pelagische Fauna wird kürzer behandelt, weil die Bearbeitungen der Planktonfauna noch nicht vollendet sind. Nur einige Punkte werden berührt. Das hohe Alter der pelagischen Thierwelt, welches viele der Palaeontologen nach dem Vorkommen von Foraminiferen, Phyllosomen, Nautileen und Ammonoideen folgern, ist unbewiesen; viele dieser Thiere können viel eher als subpelagische Thiere angesehen werden. Jedenfalls lassen sich die meisten pelagischen Formen leichter aus litoralen ableiten, als umgekehrt diese aus jenen. Die Entwickelung frei lebender Larven, welche pelagische Schwimmer sind, zeichnet manche litorale Thiere aus, aber es wäre falsch, unmittelbar zu folgern, dass auch die Ahnen pelagische Schwimmer waren; ein grosser Theil der Nicht-Riffbewohner — Mollusken, Krebse, Pycnogoniden und Echinodermen — haben die sog. abgekürzte Entwickelung, und diese directe Entwickelung, ohne die grossen Sprünge der Metamorphose, ist wohl die normale, auf welche das biogenetische Grundgesetz fussen darf.

So rundet sich der Gedankengang; die im Ganzen zonale und circumpolare, deutlich vom Klima beeinflusste Vertheilung der Thiere, die Correspondenz der entgegengesetzten Faunen des Süd- und Nordpols, die der arctischen ähnliche und in den Polarmeeren in deren litorale Fauna übergehende Tiefseefauna, die wunderbaren Homologien der jetzt localisirten Brack- und Süsswasserfaunen — alle sind sie die Rückwirkungen einer die polaren Gegenden besonders treffenden Wärmeabnahme der Sonne auf die bis zur Kreidezeit in sich zusammenhängende, gleichmässig ausgearbeitete Fauna der Litoraltiefen des Meeres. Die Tragweite ist gross, denn es liesse sich nun aus zoogeographischen Gründen von vielen Typen beweisen, dass sie schon zur Zeit der allgemeinen Fauna gelebt haben müssen, und dadurch wäre diese Methode im Stande, häufig das absolute, in einer ungeheueren Anzahl von Fällen aber das relative Alter von Gattungen, Arten oder Unterarten festzustellen.

Die Palaeontologie würde eine grosse Hülfe empfangen, aber wir können nicht davon abstehen, die neue Stütze erst auf ihre Verlässlichkeit zu untersuchen, eher wir uns ihrer bedienen.

Wer sich jemals der Mühe unterzogen hat, den viel verschlungenen Wanderungen der Thiere des palaeozoischen Zeitalters und der Trias nachzuspüren, wird mit wachsendem Interesse gewahr geworden sein, wie jeder geologische Abschnitt der folgenden Zeit und ihren Organismen ein Erbe hinterlässt und wie aus unendlich entlegenen Zeiten die Fäden stammen, welche zu dem heutigen Bilde verwebt sind. Kurzer Hand einen Schnitt durch alles zu machen, was vor der Kreide war, heisst auf den Urgrund der Faunenmischungen Verzicht leisten. In keinem Gebiete der Palaeontologie kann die schematische Ansicht einer ursprünglich und lange Zeiten, bis zur Tertiärzeit hin bewahrten Indifferenz der Thiermischung länger durchgefochten werden — Kreide und Tertiär sind nur ein Anhängsel gegenüber den Aeonen von Jahren, die vorher waren und viel einschneidendere Verschiebungen von Land und Wasser sahen, als diese epigonen Zeiten sie gebracht haben. Das allgemeine Urmeer hat man preisgeben müssen und die universale Verbreitung seiner Bevölkerung ist ebenso als Irrthum erkannt.

Ich habe in palaeontologischen Arbeiten öfter darauf hingewiesen, dass die Kriterien, nach denen fossile Thiere als pelagische oder Tiefseeformen gedeutet sind, zum allergrössten Theil nicht Stich halten; wir sehen noch heute die Einwanderung in die Tiefsee sich vollziehen, und je höher das Alter eines Fossils ist, desto unsicherer wird der Rückschluss aus der Lebensweise der lebenden Verwandten. Zu gleicher Zeit aber habe ich ausgesprochen, dass von jeher einzelne Arten sich vor dem Kampfe ums Dasein in die Tiefsee flüchteten, dass sie vermöge ihrer hochgradigen Anpassung von nun an diesen Tiefen unentrinnbar angehören und auf die Geschichte der Litoralfauna weiter keinen Einfluss haben. Wenn heute die Kälte der tiefen Wasserschichten unter allen Eigenschaften der abyssalen Gründe so in den Vordergrund geschoben wird, dass die Entstehung einer Tiefseefauna zu Zeiten, wo von den Polen her noch kein kaltes Wasser zudrängte, als unmöglich gedacht wird, so scheint mir dadurch eine gewisse Einseitigkeit in die Behandlung dieser Frage gebracht. Die abyssischen Tiefen sind meines Erachtens ebenso wesentlich characterisirt durch die Druckverhältnisse und den Mangel an Licht. Eine polare Nacht ist nicht lichtlos, auch die litoralen Zonen der arctischen Meere sind es nicht; lichtlos sind aber die Tiefen unter 400 m, wie präcise Versuche der Neuzeit gezeigt haben. Der Druck

beträgt in 2500 Faden Tiefe auf den engl. Zoll 454,5 Atmosphären; nur wenn der Körper des Thieres mit Flüssigkeit geradezu durchtränkt ist, vermag sich der nöthige Gegendruck zu entwickeln, der die Existenz ermöglicht; dass echt abyssale Thiere auf diese Druckverhältnisse durch Anpassungserscheinungen zugeschnitten sind, die ein Leben in höheren Regionen unmöglich oder doch den Uebergang dazu lästig machen, ist bekannt. Druck und Lichtlosigkeit haben aber immer die Tiefen der Oceane ausgezeichnet. Nun ist es richtig, dass animalisches Leben sich überall dort auch in den Abgründen des Oceans findet, wo dem Wasser reichliche Sauerstoffmengen beigemischt sind; Forbes zeigte, dass im Aegäischen Meere, welches bis zum Grunde mit einer fast gleichwarmen Wassermenge gefüllt ist, schon bei 300 Faden Tiefe das organische Leben sich spärlicher regt. Die Ansammlung kälteren, mit „aufgelöster Lebensluft" gesättigten Wassers im Grunde der oceanischen Tiefen, welche in wahren Abgründen noch das Leben ermöglicht, beruht aber schwerlich einzig und allein auf einem Absinken des polaren Oberflächenwassers.

Die Forschungen der Challenger-Expedition haben ergeben, dass überall der Einfluss der Sonnenbestrahlung in einer Tiefe von 60—80 Faden paralysirt ist, und nur bis zu diesen Tiefen stehen die Wassermassen einer bestimmten Breite unter dem Einflusse des dort herrschenden Klimas. Wenn wir nun auch für die Kreidezeit eine selbst an den Polen tropische Temperatur annehmen, wofür vorläufig ein zwingender Grund nicht vorliegt, so dürfen wir doch von den Unterschieden der Jahreszeiten nicht absehen, und was noch wichtiger ist, die tägliche Periodicität der Wärmezufuhr nicht ausser Acht lassen. In Wüstengebieten bewegt sich diese zwischen extremen Grenzen, aber auch in vegetationsbedeckten Erdstrichen und auf dem Meere ist sie stark genug, um des Nachts beträchtliche Abkühlung der obersten Wasserschichten zu bewirken. Jede Abkühlung wird aber mit vorhergehenden und folgenden cumulirt und kann durch eine Steigerung der Tageshitze nicht ganz wieder ausgeglichen werden, da die kälteren, mit Luft beladenen Schichten zu Boden sinken und die wärmeren in die Höhe treiben. Nur in Gegenden sehr constanter mittlerer Wärme und geringer nächtlicher Ausstrahlung wird die Abkühlung nicht so gross, dass sie die von der Oberfläche hinabsteigenden Strömungen hervorrufen könnte, welche die Sauerstoffmengen in die Tiefe führen. Selbst unter der Voraussetzung einer höheren Temperatur der Kreidezeit müsste sich thermische Circulation im Wasser entwickeln und dichteres, sauerstoffhaltiges Wasser in der Tiefe angesammelt werden.

Eine schon oben vorgebrachte Erwägung passt auch hier. Nimmt man

noch für die Kreidezeit eine derartig grössere Wärmezufuhr an, dass sie selbst in den höchsten Breiten tropisches Pflanzenleben hervorzulocken vermochte, so müsste dieselbe Wärmequelle am Aequator sich weit wirksamer zeigen, und da die erhaltenen organischen Reste jener und der früheren Zeiten kein anderes Klima registriren, als wir es heute in den Tropen kennen und höchstens ein solches, so würde dies zugleich die Gegenwart uns unbekannter Bedingungen bedeuten, welche diese höhere Wärmezufuhr beständig paralysirten, mit anderen Worten, welche abkühlend wirkten. Schwerlich kann die Gegenwart ausgedehnter Landmassen, auf welche viele Anzeichen hinweisen, in dieser Art gewirkt haben; continentales Klima konnte nur die Gegensätze zwischen Insolation und Ausstrahlung verschärfen, und würde sie vielleicht zu Differenzen gesteigert haben, die jedes organische Leben unmöglich machen.

Bei Temperaturcontrasten, wie sie Mitchell in Australien kennen lernte (am 2. Juni bei Tagesanbruch —11,6°C., um 4 Uhr Nachmittags +19,4°C.), verarmt das Leben, statt sich üppig zu entfalten; üppige Vegetation bedeuten aber die kohlenführenden Schichten in Queensland. Manche Daten in der Vertheilung der fossilen Reste jener Zeit lassen den Gedanken nicht unberechtigt erscheinen, dass die günstigen klimatischen Verhältnisse in den arctischen Breiten sich auf Ursachen gründen, welche die dort jetzt herrschende Kälte nicht aufkommen liessen, Zufuhr der Wärme begünstigten, Ausstrahlung verhinderten. Solche liessen sich finden in den Annahmen grosser, relativ flacher, von Inseln durchzogener Wassermassen, warmer Strömungen und Bildung dichterer Wasserdampfschichten. Wenn man einwirft, dass diese oder jene Pflanzentypen solchen Bedingungen nicht entsprechen, so ist, ganz abgesehen von den Zweifeln, die selbst Schenk gegen die Tropennatur der polaren Kreidevegetation vorzubringen sich verpflichtet fühlt, die Nothwendigkeit, eine polare Nacht über sich ergehen zu lassen, doch ein Agens, das den Pflanzenkörper, der von Licht lebt, viel schwerer zu erschüttern im Stande ist. Man mag das tropische Klima so hoch schrauben, wie man will — ohne die Annahme grosser Nebelmassen, welche die uncompensirte Ausstrahlung während der dunklen Monate mildern, schrauht man nur die Extreme weiter auseinander. Pfeffer weist selbst den Gedanken an eine beträchtliche Abweichung der Rotationsachse von der Achse des idealen Erdsphäroids zurück. Hält man aber in dieser Hinsicht das bestehende Verhältniss für das der Vorzeit, so ergieht sich mit zwingender Nothwendigkeit, dass die an den Polen gefundenen fossilen Organismen qualitativ denselben Bedingungen ausgesetzt waren wie die lebenden, dass

sie weniger Sonnenwärme bekamen als niedere Breiten, und monatelange, am Pole halbjährige Nacht zu bestehen hatten. Die Ausbildung von Chlorophyll, der ganze Lebensprocess der Pflanze wird unterbunden in dieser Zeit, die eine Phase der Vegetationsruhe bedeutet. Dass die unausgesetzte Bestrahlung während des kurzen Sommers in Spitzbergen ein üppiges Pflanzenleben hervorruft, trotz der durchschnittlich nur 3°C. betragenden Temperatur des Sommers, ist bekannt; eine eigentlich tropische Vegetation könnte sich hier auch bei grösserer Intensität nicht entfalten.

Nathorst hat den Gedanken, dass das Klima des Nordpols zeitweilig unter dem Einflusse anderer Strömungen im Meere stand, zurückgewiesen. Meiner Ansicht nach ist es ganz unmöglich, über diesen Punkt hinweg zu sehen. Pfeffer legt grosses Gewicht auf die von den Polen zum Aequator drängenden Massen kalten Wassers, welche Erscheinung nach ihm der Entwickelung der Tiefseefauna vorangehen muss, da sie allein die Lebensfähigkeit der Organismen sichert. Das Verhältniss ist aber derart, dass fast das gesammte Tiefenwasser aus den antarctischen Gegenden bezogen wird, wo der Ocean relativ seicht (selten über 1000 m tief) ist und sich weit gegen das atlantische und pacifische Meer öffnet. Das nördliche Eismeer ist sehr tief (südlich von den Lofoten max. 3670 m, westlich und südlich von Spitzbergen von ungefährer Montblanc-Tiefe), aber durch eine Bodenanschwellung gegen das Atlanticum abgesperrt, welche sein kühles und dichtes Wasser nicht übersteigen kann. So weit das kalte Wasser der atlantischen Gründe nicht im Becken selbst gebildet wird, durch Accumulation der oberflächlich abgekühlten Schichten, kann es nur vom Südpol kommen; dieselbe Erwägung gilt für den stillen Ocean. Mit den Strömungen steht dieses Vorschieben der eiseskalten Grundwasser gegen den Aequator hin in keiner Beziehung, sondern jene gehorchen weniger den thermischen Eigenschaften des Meeres als den Wirkungen regelmässiger oder periodischer Windrichtungen.

Die Geologie lehrt nun für die Jura- und den Anfang der Kreidezeit mehrere wichtige Umstände kennen, welche einer Verbreitung des antarctischen Wassers entgegenstehen und von Einfluss auf die Wärme und auf die Strömungen der Oceane sein mussten. Die Verbindung Afrikas und Südamerikas zu einer grossen Masse, von welcher sich im Südosten noch eine gewaltige, von Madagascar nach Indien reichende Halbinsel abzweigte, und der grosse Continent, in den Australien, Polynesien, China, Korea und Japan zum Theil verschmolzen waren, sind gewaltige Riegel, und besass das südpolare Wasser jene niedrige Temperatur schon damals, so waren seiner Verbreitung nach Norden doch Schranken gesetzt und nur die Circulation im eigent-

lichen pacifischen Ocean freigegeben. Die anscheinend colossale Ausdehnung der nördlichen Meere muss nach dem Character der Sedimente auf eine flache Ueberfluthung zurückgeführt werden; zu Beginn der Liaszeit existirte hier eine ebenso mächtige Fläche trockenen Landes. In gewissen Bewegungen des organischen Lebens spüren wir auch den Einfluss grosser antarctischer Landmassen. Anders als gegenwärtig verliefen damals die Grenzen der Weltmeere, anders waren ihre Tiefen vertheilt, anders mussten sich auch Winde, Strömungen, Wärme der Oceane und Klimate der Festländer entwickeln.

Der Schluss, dass zu Anfang der Tertiärzeit oder früher das Klima auf der ganzen Erde gleichmässig tropisch war, ist eine Verallgemeinerung, für die das fossile Beweismaterial bei weitem nicht ausreicht. Die enormen Entfernungen, die sich zwischen manche Fundpunkte einschalten, sind ebenso viele Lücken unseres Wissens. Die weitaus meisten Reste fossiler Pflanzen fanden sich in Schichten, die im Wasser abgesetzt sind; so beziehen sich auch unsere Berichte meist auf Ufervegetation und den Pflanzenwuchs der Gegenden mit milderem, gleichmässigeren Klima, während die trockenen Flächen der Continente für uns stumm sind. Die Pflanzenmischung, der Vegetationscharacter in vielen Ländern der Tertiärzeit sind noch fast unbekannt, und die Rückschlüsse aus vereinzelten Charactertypen, auch wenn ihre Bestimmung präcise wäre, nur dann sicher, wenn sie lebenden Arten so nahe stehen, dass abweichende Lebensgewohnheit ausgeschlossen erscheint.

Ein überall gleichmässiges Klima ist aber von vornherein ein Ausnahmezustand, denn die Sonnenbestrahlung muss sich bei lichter Atmosphäre in ungleicher Erwärmung der Erdoberfläche äussern. Eine tropische Wärme in den polaren Gegenden, welche durch stärkere Wärmezufuhr von aussen, also von unserer Sonne, hervorgerufen wird, würde nun mindestens eine mittlere Jahrestemperatur von 25°C. zur Voraussetzung haben; dementsprechend darf die mittlere Temperatur der Aequatorialgegenden nicht unter 50°C. angenommen werden, so dass die Maxima der Wärme, die jetzt am Senegal 54°C., im Pundjab 50—52°C., in Tibet (über 30 Breitengrade vom Aequator) 65°C. erreichen, sich auf 80° und mehr gesteigert haben würden. Allerdings berechnet Heer für das miocäne Spitzbergen (78° nördl. Br.), das jetzt von der Isotherme von —9° durchzogen wird, nur mehr ein gemässigtes Klima, wie es die Länder zwischen 47 und 56° haben, also von 9 bis 11°C. Mitteltemperatur. Hieraus resultirt aber immerhin schon für die kurze Spanne bis ins Miocän eine Temperatursteigerung von 18°C., und

diese müsste, wenn eine gleichmässig wirkende Ursache zu Grunde liegt, sich fast ebenmässig durch die geologischen Perioden verfolgen lassen. Wir dürften daher im Eocän schon wahrhaft tropische Temperaturen auch in den polaren Breiten erwarten, und es träten dann für die Tropen selbst die angeführten Zustände ein. Die Perspective in die entlegenere Vergangenheit der Erde brauchen wir nicht zu schildern; kochende Meere verhindern selbstverständlich organisches Leben, aber auch Meere von 30—40° Mitteltemperatur, Länder mit gluthzitternden Atmosphären sind für das organische Leben im Allgemeinen, für seine breitere Entwickelung, die uns doch die Palaeontologie lehrt, ein Hemmniss.

Nimmt man an, die innere Wärme der Erde sei der Grund, der die Scheidung der klimatischen Regionen bis in das jüngere Tertiär verhindert habe, so kann das nur heissen, dass die durch Strahlung nach aussen dringende Wärme eine geradezu enorm viel bedeutendere war, denn das Leitungsvermögen der festen Gesteinsrinde ist sehr gering und die Temperaturen der Oberfläche hängen in der Gegenwart so sehr von der Sonnenwärme ab, dass sich in Grönland, Sibirien und in den St. Elias Alps von Alaska auch über gefrorenen Erdschichten, ja über reinem Eis in zusammengewehter und geschwemmter Erde Pflanzenleben entfaltet. Die Abnahme der Erd-Temperatur wäre seit dem Tertiär rapide vor sich gegangen, und umgekehrt müssten wir für Carbon, Devon und Silur geradezu horrende Temperaturen annehmen. Man braucht nicht weiter auszuführen, wie der Kreislauf des Wassers, die Verdunstung, die Sättigung der Atmosphäre mit Dampf, die Bewölkung sich unter solchen Umständen gestalten mussten — es liegt zu Tage, dass eine gesetzmässige Verringerung der Oberflächentemperatur während der Zeiten, welche die historische Geologie umspannt, keine bedeutende Rolle gespielt haben kann, und dass die scheinbaren klimatischen Sprünge von der gleichmässigen Tropentemperatur des älteren Tertiärs bis zur Gegenwart sich müssen anders erklären lassen, und es ist meine Ueberzeugung, dass sie dermaleinst ihre Erklärung finden, wenn man die Umrisse der alten Continente genauer ziehen kann.

Man hat nicht ohne Berechtigung darauf hingewiesen, dass der gegenwärtige Zustand unserer Pole ein abnormer sei, ein Nachklang der Eiszeit, in deren letzten Stadien wir noch leben. Er ist jedenfalls insofern abnorm, als seit palaeozoischen Zeiten eine Vereisung der Pole nicht sicher zu verzeichnen ist, im Gegentheil die Zeugnisse reichen Pflanzenwuchses schon aus der Carbonzeit vorliegen. Die Wärmezufuhr ist an sich nicht so gering, dass sie die Vereisung nothwendig nach sich zieht, aber die Ausstrahlung

während der monatelangen Polarnächte muss allerdings gehemmt werden, wenn sie nicht zu bleibender Eisbildung führen soll. Die Nacht, die ausserdem nicht ganz lichtlos ist, könnte möglicherweise selbst von immergrünen Bäumen überstanden werden, denn man trifft ja auch Nadelbäume und Ericaceen mit immergrünen Blättern in diesen hohen Breiten, aber des Wärmeschutzes können sie nicht entbehren. Es muss eine Aufspeicherung der am Tage oder im Sommer zugeführten Sonnenwärme eintreten, es müssen Bedingungen vorhanden sein, welche die Ausstrahlung heruntersetzen; dann kann in bestimmten Gegenden selbst den Pflanzen der wärmeren gemässigten Zone die Existenz gesichert bleiben, während sie im anderen Falle in den Zustand der Vereisung versinken.

Die Frage nach der Ursache der Eiszeit ist hiermit eng verknüpft; es ist bekannt, wie schroff sich noch immer die Ansichten (von Beweisen kann man nicht wohl sprechen) gegenüberstehen. Die periodischen kosmischen Einflüsse, Veränderungen in der Excentricität der Erdbahn, in der Stellung der Erdachse, Verlegung der Rotationsachse scheinen nicht die Rolle gespielt zu haben, die Physiker und Geographen ihnen haben beimessen wollen. Die Anzeichen früherer Eiszeiten werden trotz aller Versuche, ihnen eine grössere Bedeutung zu sichern, nicht als beweiskräftig angesehen werden dürfen, und doch würde der Zusammenhang mit astronomischen Perioden eine vollkommen regelmässige Einschaltung in die geologische Aufeinanderfolge bedingen. Andererseits wird die Eiszeit selbst durch die Interglacialzeit in zwei Perioden getrennt, die einander zu nahe zu liegen scheinen, als dass man an die Wiederkehr des fraglichen astronomischen Zustandes denken möchte. Gerade die grossartigen Oscillationen der Eiszeit verlangen eine rascher arbeitende Ursache. Diese wird in einer auffallenden Veränderung in der Vertheilung von Land und Wasser zu suchen sein, welche das Klima beeinflusst. Herrschten im Tertiär und vorher Zustände, welche die Wärmeausstrahlung an den Polen verhinderten und einen reichlichen Pflanzenwuchs ermöglichten, so traten im Pliocän schon die ersten Reactionen einer anderen Vertheilung auf, welche allmählich zur Eiszeit überleitet, die alles Leben aus den hohen Breiten vertrieb und sich später in den gegenwärtigen Zustand abschwächte, in dem das organische Leben wieder nach den Polen hinfluthet.

Zwölftes Capitel.

Quartär und Eiszeit.

Die Meere ruhten am Schlusse der Tertiärzeit in ihren jetzigen Umrahmungen, und nur an wenigen Stellen griffen die Oceane weiter über ihre Ufer als heute. Landbrücken zogen sich von Amerika nach Eurasien hinüber, der Austausch der Bewohner konnte sich rege entwickeln, dem erst ein Ereigniss ein Ende machte, das in dieser Grösse ohne Beispiel in der geologischen Geschichte steht — die Eiszeit. Was man von älteren Eiszeiten glaubt entdeckt zu haben, beruht auf Spuren, die zu dieser weittragenden Annahme nicht gerade zwingen, wenn auch die Möglichkeit nicht in Abrede gestellt werden kann; was man aber von einer angeblichen Periodicität der Eiszeiten anführt, sind müssige Phantasien. Ungern sieht sich der Forscher einer Thatsache gegenüber, die unvorbereitet in das gewöhnliche Wechselspiel der gestaltenden Kräfte hineingreift, riesenhaft anschwillt und langsam vergeht. Man sucht nach Anknüpfung, nach einer Geschichte des Phänomens, um schliesslich einzugestehen, dass der Zusammenhang hier zerrissen ist. Halbe Welttheile sind mit einer spaltenlosen Eisschicht von Bergeshöhe überzogen, die alles Leben unter sich und um sich erstickt. Eine ertödtende Hand greift vom Nordpol nach dem Herzen der Continente, verscheucht die Thierherden und das üppige Pflanzenleben der Pliocänzeit; viele Arten ersterben bei dem furchtbaren Ringen um die Existenz. Von den hohen Gebirgen steigen die Gletscher herab, überschreiten die Vorländer und dringen in langen Zungen, zuweilen zu breiten Wällen vereinigt, gegen die nördlichen Eisfelder vor. Ein unheimliches Leben ist in die todte Welt des Eises gekommen, aber ein Leben, das kein anderes neben sich duldet. Die Eiszeit ist das einzige Beispiel einer geologischen Katastrophe, die mit der bestehenden Schöpfung, wenigstens eines Theiles der Continente, Abrechnung hält; alle Formationsgrenzen, die wir gezogen haben, beruhen auf dem Schwanken der Meere, das seine eigenen Bewohner mit sich in neue Gegenden führt und die Fauna und Flora des Festlandes zu neuer Ver-

theilung zwingt. Im Wechseln und im Wandern erhalten die Organismen die Anregung zu neuer Gestaltung, sie werden gleichsam gegen einander ausgespielt und nicht wird unmittelbar die Möglichkeit zum Leben negirt. Die Vereisung der nördlichen Halbkugel schuf aber direct eine Vernichtung des Bestehenden, und der ganze ungeheuere Raum, auf dem wir ihre Spuren finden, war grosse Zeiten hindurch für organisches Leben verloren. Die Flucht der Organismen nach Süden war nicht unbegrenzt, und so musste in vielen Ländern eine gegenseitige Bedrängung der Organismen entstehen, die von einschneidenden und verhältnissmässig raschen Folgen war. Dass dieser Impuls auf den Entwickelungsgang der Menschen mächtig einwirkte, ist ganz gewiss.

Die Folgen der Vereisung waren tiefgehend auch in geologischer Beziehung und die letzte Oberflächengestaltung vieler Länder ist ihr unmittelbarer Ausfluss. Sie sind im Ganzen unschwer nachzuweisen, und für einen grossen Flächenraum Nord-Amerikas, Asiens und Europas lassen sich die glacialen Producte ebenso parallelisiren, wie die marinen Ablagerungen des Tertiärmeeres. Aber die Eiszeit war auf die nördliche Hemisphäre beschränkt, und ist es schon schwer, die Thätigkeit der alpinen Gletscher, die Schutt- und Lössbildungen in den Thälern des nicht vereisten Mittelgebietes in zeitliche Parallele zu bringen zu dem Moränenstrome, der sich vom Norden her ergoss, so versagt jede Mühe, wenn wir uns den Gebieten zuwenden, die ausserhalb des bezeichneten Areales lagen. Hier zieht sich die Tertiärzeit ruhig und ohne Lücke in die Gegenwart hinein; die Thätigkeit der pliocänen Korallenriffe wird nicht unterbrochen, junge Kalke mit Muschelresten lagern sich nach wie vor an den Küsten ab und kaum, dass ein leichtes Oscilliren der Artcharactere anzeigt, dass wiederum eine geologische Aera dahin gerauscht ist. Häufig ist der Geologe in Zweifel, ob er solche marinen Küstengebilde als tertiär oder als jünger auffassen soll; treibt doch noch immer dasselbe Meer seine Wogen an den Strand, an dem sich ein gleiches Leben immer von neuem gebiert. Mit Vorliebe wendet man auf diese marinen Sande, Kalke oder Thone das Wort pleistocän an, welches durch analoge Bildung sich dem „Pliocän“ anschliesst und zeigt, dass eine unmittelbare Fortsetzung vorliegt, wenn wir auch aus formellen Gründen einen scharfen Trennungsstrich machen müssen. Weniger häufig wird man die Bezeichnung „quartär“ hören, welche in der That nicht so gut ist, da sie eine Gleichstellung mit „tertiär“ einschliesst, während doch das ganze Quartär sammt der Jetztzeit nur einen Anhang oder eine kleine Ueberschreitung der Tertiärzeit bedeutet.

Es giebt auch Gegenden der Erde, wo weder das Wasser durch seine Niederschläge und Anhäufungen an der Erdrinde baute, noch das Eis seine Moränenströme entlud, und wo sich dennoch beträchtliche, oft erstaunlich mächtige Schichten finden, deren Entstehung bis in die Gegenwart reicht, aber in entlegener Vergangenheit wurzelt. Die Pampas sind schon im vorigen Capitel besprochen; ihr Quartär (nebst dem Alluvium) wird von Doering und Ameghino in mehrere Stufen gebracht.

Alluvial.	Piso Ariano (Equus caballus) Piso Aimara (Auchenia guanaco)
Diluvial.	Piso platense (Ampullaria D'Orbignyana, Palaeolama mesolithica). Piso querandino (Azara labiata, Ostrea puelchana)
Glacial.	Piso tehuelche (Rodados de la Patagonia)
Praeglacial od. Pliocän.	Piso pampeano lacustre (Hydrobia Paludestrina Ameghini).

Das Alluvium begreift die Humusschicht, die jüngsten Alluvionen und die heutigen Deltabildungen des Parana in sich, das Diluvium besteht schon wesentlich aus Löss und geht ohne scharfe Grenze in den pliocänen Pampaslöss über. Die angeblichen Beweise für eine eiszeitliche Moränenbildung stehen auf sehr schwachen Füssen. Ameghino schrieb zwar, dass Doering die Anzeichen einer ins Postpampeano fallenden Vergletscherung in der Nähe der Sierra de la Ventana entdeckt habe, und beschreibt selbst eine Gletscherablagerung, aber Santiago Roth, der als Sammler auch diese Gegenden bereist hat, widerspricht dem sehr entschieden. Er sah nichts, was nur einigermassen zur Annahme einer Eisperiode berechtigen könnte, geschweige denn zu einer solchen zwingen würde, und war im Gegentheil erstaunt, hart am Fusse der Berge so wenig Geröll zu finden. In Patagonien kommen dagegen sicher Moränen vor, die weiter als die heutigen Gletscher reichen; zu einer Eiszeit darf man aber auch dieses doch immerhin localisirte Phänomen nicht machen.

Hier sind auch die Lössdistricte Chinas hervorzuheben, deren Character v. Richthofen uns meisterhaft geschildert hat. Wind und Wetter sind die Factoren, die diese gleichförmigen Lehmdecken über die flachen Länder getrieben haben. Was der Wind an staubigen Bestandtheilen mit sich führt, hier raubt, dort absetzt, wird durch die Grasnarbe aufgefangen, durch den Regen befestigt und durch die sich erhöhende Pflanzendecke dem Untergrunde zugefügt. Heftige Güsse reissen die lockeren Bestandtheile von den

Gehängen in die Bäche und Ströme; aus den Betten getretene Wassermassen verbreiten sich und die lehmigen Bestandtheile gleichmässiger nach allen Seiten und lassen nach ihrem Sinken wieder dem Winde das Feld. Je nach dem Klima wiegt der eine oder der andere Factor vor; Chinas Lössterrassen sind trotz ihrer Mächtigkeit von mehr als 1000 Fuss wesentlich das Product aeolischer Thätigkeit, doch spielen auch die Absätze der furchtbaren Ueberschwemmungen, von denen China im Unterlaufsgebiete der Flüsse so heimgesucht wird, eine grosse Rolle. In den Pampas soll nach Santiago Roth wesentlich das Inundationswasser der aufbauende Factor sein. In Mittel-Deutschland sind auf kleinem Gebiete die Verhältnisse vielgestaltig, und die Erklärung der gleichzeitig mit dem Moränenmaterial des Inlandseises entstandenen Lehme eine schwierige und complicirte.

Ein Blick auf das Verhalten des Meeres nach dem Abschlusse der Tertiärzeit überzeugt uns, dass, von Theilen Russlands und Sibiriens hoch im Norden und einer Strecke Argentiniens im Süden abgesehen, die Contouren im grossen Ganzen die der Gegenwart sind. Die wechselvollen Angliederungen von Inseln an den Körper der Continente, oder umgekehrt die volle Abtrennung vorgeschobener Theile kann bei einer Characterisirung der Periode gar nicht in Betracht kommen.

Das Hauptinteresse concentrirt sich auf die Vorgänge auf dem Festlande, wo sich der Boden für die wirthschaftliche Thätigkeit des Menschen vorbereitet, besonders auf jene Gegenden, über welche die Spuren des Eisphänomens ausgebreitet sind. Aus dem hohen Westen Nordamerikas verläuft die Südgrenze in einem gewaltigen Bogen, der den Missouri und den Ohio einschliesst und die grossen Seen umspannt, bis zum 38. Breitengrade herunter, und dann in der Richtung des Ohio zur atlantischen Küste, die sie bei New-York erreicht. Grönland liegt noch heute im Zwange der Vereisung. Südlich des britischen Inselreiches trifft man deutliche Spuren der Eiszeit von der Rheinmündung an, in Westfalen und Niedersachsen, nördlich des Harzes und der Mittelgebirge, in Thüringen, Sachsen, Polen und Galizien bis fast zur Wolga hin. Hier macht die Südgrenze eine scharfe Biegung und verläuft steil nach Norden zum Eismeere. Wie weit diluviales Landeis sich nach Sibirien hinein erstreckt hat, ist vorläufig nicht zu entscheiden. In der Gegend des Timan hat der spätere Einbruch des arctischen Meeres die Spuren der Eiszeit fast vernichtet; nur hier und da berichten geschrammte Felsen, grosse Findlingsblöcke auf den Höhen der Ketten von glacialer Thätigkeit. Jenseits des Ural werden die Anzeichen noch spärlicher; die ausgedehnten marinen Schichten sind vorwiegend. Vereinzelte erratische Geschiebe könnten auch

durch Drift, durch schwimmende Eisberge, abgerissene Stücke des neusibirischen Landeises eingeschleppt sein. Auf dem Hochplateau herrschte ein continentales Klima, nicht so trocken wie heute, aber auch nicht feucht genug, um solche Schneemassen abzugeben, wie sie zur Bildung von Gletschern nothwendig sind. Die wenig zahlreichen, isolirten Gletscher jener Zeit beschränkten sich auf die Höhen der südlichen Gebirge.

Die Spuren der Eiszeit sind, wo sie der Zerstörung getrotzt haben, von scharfer, landschaftlicher Characteristik. Für Norddeutschland ist keine geologische Formation von grösserer Bedeutung. Die stimmungsreichen Seen Masurens wie der Mark, die welligen Hügel zwischen den Gewässern, die fruchtbaren Mergelflächen, die berüchtigten Sande und einsamen Mooröden, alle stehen sie in unmittelbarem Zusammenhange mit diesem Abschnitte der Erdgeschichte. Von der Küste der Nord- und Ostsee dehnt sich die Decke von Sand, Kies und Mergel oder Lehm, reich an skandinavischen oder esthländischen Findlingen, bis zum Walle der deutschen Mittelgebirge und brandet gleichsam an ihnen herauf. Ueber die Rücken des Wesergebirges oder des Harzes gehen diese Gesteine nicht weg, wohl aber wurden sie durch einzelne Lücken hindurchgezwängt, wie durch die Porta westphalica und bei Dresden, wo sie z. B. bis zu 200 m Höhe am linken Elbufer hinaufgeschoben sind.

Bei der Erklärung des Diluviums ist man lange der heute angenommenen Theorie ausgewichen. Dass es nicht ein normales Meeressediment sei, ersah man bald. Es fehlte die regelmässige Schichtung, es fehlte auch vor allem an Resten von Meeresthieren. Bemerkenswerth erschien aber schon den älteren Geologen und Mineralogen, welche den Boden Norddeutschlands durchforschten, der fremdländische Habitus der meisten Feldsteine, welche in Kies- und Mergelgruben ausgeworfen wurden, und sehr bald erkannte man auch, dass ein grosser Theil, besonders die Granite und Porphyre, aus nordischen Ländern stammen müssten.

Die ungeschichteten Mergel mit regellos eingebackenen Gesteinsbrocken lenkten den Gedanken zuerst auf Schlammfluthen, welche, alles vernichtend, die „petrodilaunische“ Fluth Sefström's, von Skandinavien her sich herangewälzt habe. Eine Eigenthümlichkeit unseres norddeutschen Flachlandes, zahlreiche runde Vertiefungen des Bodens, in denen ein dunkles Wasser stagnirt, die „Grundlosen“ des Volkes, führte sogar zu der Annahme von Schlammeruptionen, durch welche Schlamm und Geschiebe auf die umgebenden Aecker zerstreut wurden. Keine dieser Annahmen konnte sich Eingang verschaffen; es fehlte jedes Vergleichsmoment.

Einen wesentlichen Fortschritt bezeichnete die „Drifttheorie“, weil sie

an Beobachtetes anknüpfte. Jedoch verlangte sie eine ausserordentliche Erweiterung. In nördlichen Breiten begegnet der Seefahrer Eisbergen, welche auch Gestein und Erde durch das Meer tragen, und man weiss, dass sie an der Küste von Neufundland stranden und ihren Schutt dort absetzen. Diese Eisberge sind die abgestossenen Enden mächtiger Gletscher, die in Grönland bis in das Meer sich vorschieben, hier allmählich vom Wasser gehoben und abgebrochen werden („Kalben" der Gletscher), während vom Innern des Landes die Eisströme ständig nachrücken. Der Schutt, der in die Gletscher einfriert, wandert mit den losgerissenen Enden den Strömungen des Meeres nach und kann in weiter Ferne wieder zur Ablagerung gelangen. Unbestreitbar liegt in dieser Theorie die Möglichkeit, die Herkunft einzelner Findlinge, selbst grösserer Anhäufungen, zu erklären. Unerklärt lässt sie den regelmässigen Wechsel der Ablagerungen. Bei Rixdorf beobachtet man einen unteren Sand, dann einen unteren Mergel, wiederum Sand, das Lager des weissen Stubensandes und einen oberen Mergel, und diese Verhältnisse herrschen über einen grossen Theil Norddeutschlands. Wäre aber auch nur in der Mark dieses Profil ein beständiges, so läge darin schon eine Abweisung der Drifttheorie; strandende und schmelzende Eisberge können niemals derartig regelmässige, auch in ihrer Mächtigkeit gleichmässige Ablagerungen bilden. Viele andere Einwürfe lassen wir hier unerörtert.

Währenddem hatte man in den Alpen eingehendere Studien über die Gletscher, ihre Bewegung und Transportfähigkeit gemacht; die gewonnenen Erfahrungen wurden zunächst verwerthet, bestimmte Erscheinungen im alpinen Gebiete selbst zu erklären. Man fand Spuren alter Gletscher weit in die Thäler hinab, weit über den Saum der Alpen hinaus liess sich ihr Moränenschutt nachweisen. Das früher für wunderbar erklärte Vorkommen mächtiger erratischer Blöcke aus den Centralketten an den Abhängen des Jura, jenseits des Genfer Sees oder auf den Höhen bei Zürich ward zur einfachen Folgeerscheinung der einstmals viel bedeutenderen Ausdehnung und Grösse der Gletscher. Die „Eiszeit", die Periode enormer Eisanhäufungen und intensiver Gletscherwirkungen in den grösseren Gebirgen und ihrer Umgebung ward zum Lieblingsstudium bedeutender Männer; bald wies man ihre Spuren auch in vielen anderen, jetzt nicht vergletscherten Gebieten Europas und Amerikas nach. Dass auch die Ablagerungen der norddeutschen Ebene mit ihr in Beziehung zu bringen seien, dieser Gedanke wagte sich bei uns nur schüchtern hervor. Der schwedische Geologe Torell sprach ihn Angesichts der Phänomene bei Rixdorf und Rüdersdorf bei Berlin mit

Bestimmtheit aus; deutschen Forschern ist es aber zu danken, dass er in der glücklichsten und umsichtigsten Weise ausgebaut ist. Der Nachweis, dass die jungen Ablagerungen der norddeutschen Ebene glacialen Ursprunges sind, ist eine der grössten Errungenschaften der neueren Geologie.

In den Alpen hat man Gelegenheit, Gletscher in nächster Nähe zu betrachten; ich erinnere an den Rhône-, Grindelwald-, Gries- und Hüfi-Gletscher. Aus dem Sammelgebiete des Firnschnees her erstrecken sich die breiten Bänder durch die Thäler und werden durch den beständigen Nachschuh von oben weit unter die Schneegrenze herabgedrückt, so dass am unteren Ende, wo ein Bach brausend und milchfarben dem „Gletscherthore" entströmt, üppige Vegetation neben den Rändern des Eises aufspriessen kann. Von den hochragenden Felswänden zu beiden Seiten des Thales und oben im Ursprungsgebiete lösen Wind und Wetter fortwährend Brocken ab, die auf den Gletscher herabstürzen und von ihm weiter transportirt werden. Durch die Eigenbewegung des Gletschers ordnen sie sich in bestimmte Linien, die man als Seiten- und Stirnmoränen bezeichnet. In der Stirn- oder Endmoräne sammelt sich all dieser oberflächliche Schutt; in dieser Region scheint der Gletscher scheinbar still zu stehen, Abschmelzung und Nachschuh halten sich die Wage. Fortwährend strebt der Gletscher diese Grenze zu überschreiten, und häufig gelingt es ihm auch, sich weiter vorzuschieben; häufig aber, in niederschlagsarmen Jahren, wird die Grenze auch höher hinauf verlegt, und dann entsteht eine zweite Endmoräne hinter der ersten, während beim Vorwärtsrücken des Gletschers die Endmoräne wieder mitgenommen wird. Nicht der ganze Gebirgsschutt bleibt auf dem Rücken liegen, sondern ein grosser Theil gelangt auf verschiedenen Wegen unter das Eis; ausserdem nimmt dieses alle lockeren Theile der Unterlage mit, fährt wie eine riesenhafte Raspel über den Untergrund hin und lockert immer neuen Schutt. Hierdurch wird die Grundmoräne gebildet, welche am Grunde des Gletschers festgefroren, mit ihm vorrückt und durch die in ihr eingesäeten Gesteinsstücke den Thalboden glättet und schrammt. Am Ende des Gletschers wird die Grundmoräne durch die heftig strömenden Gletscherwasser aufgelöst und nach der Schwere der Bestandtheile aufbereitet; die feinsten gehen als „Trübe" weithin, bis zum nächsten Seebecken, die sandigen Theile werden schon weit früher abgesetzt und noch eher gelangen die Kiese und grösseren Gerölle zur Ruhe. Es wird nicht leicht Jemand im Stande sein, ein Stück unseres Geschiebemergels von getrocknetem Grundmoränenmaterial eines Gletschers zu unterscheiden; in der That sind die Mergel nichts anderes als die Grundmoränen des diluvialen Gletschers.

Ein unterer Sand wurde abgelagert durch die Gewässer, welche dem herannahenden Eise entquollen. Ueber sie zog das Eis die erste Grundmoräne, den unteren Geschiebemergel. Dann trat ein Stillstand ein, es bildeten sich Stirnmoränen, guirlandenartig angeordnete Steinwälle. Das Eis ging zurück und in Folge dessen wurde der untere Mergel wieder überzogen von mächtigen Sanden, den Auswaschungsproducten der Grundmoräne. Noch einmal drangen die Eismassen von Norden vor; es entstand der zweite obere Mergel und beim endlichen Rückgange des Eises nochmals eine Lage Sand, die aber als oberste Schicht vielfacher Umlagerung anheimgefallen, häufig als Flugsand zu beweglichen Dünenwallen aufgehäuft ist.

Eine glänzende Bestätigung der zuerst aus Beobachtungen an localen, alpinen Gletschern erwachsenen Glacialtheorie lieferten die Untersuchungen der arctischen Eismassen, die gegenwärtig in den Vordergrund des Interesses getreten sind. Schon die isländischen Gletscher haben uns für manche schwer verständliche Erscheinung den Schlüssel geliefert, noch viel wichtiger wurde aber die Kenntniss des grönländischen Inlandeises, welches dieses Land noch immer in jenem Zustande erhält, dem der Norddeutschlands während der Eiszeit gleichen musste. Eine deutsche Expedition unter der Führung v. Drygalski's ist unterwegs, um die Bewegung des Eises an Ort und Stelle zu studiren. Es ist wahrscheinlich, dass neue Gesichtspunkte dort gewonnen werden, die auch die letzten Probleme in den Rahmen der Glacialtheorie einzufügen gestatten.

Schilderungen Grönlands sind durch Nordenskiöld's, dann durch Nansen's kühne Expeditionen in allen Kreisen bekannt geworden. Bis mindestens zum 75. Grade nördl. Br. ist Grönland vom Binneneise gleichmässig bedeckt, ohne dass eine Oase diese Wüste unterbräche. Die zerrissene Gestalt der Westküste mit ihren Schären und Fjorden, in welche der Druck der im Innern und auf der Höhe gelagerten Massen durch Wandergletscher beständige Eisströme hineinpresst, erinnert an Norwegen, und auch die unbekannte Oberfläche des Landes mag, wenn dereinst das Eis verschwunden ist, in norwegischen Formen zu Tage treten. Am Gletscher von Upernivik beobachtete Nansen eine tägliche Verschiebung von 31 m, während in der Schweiz 0,2—0,8 m die mittleren Bewegungsgeschwindigkeiten sind; der auffallende Unterschied dieser reissenden Gletscher mit ihrer zerklüfteten Umgebung und des todtenstarren, fast spaltenlosen Inneneises wird auch von v. Drygalski empfunden. Nansen traf im Innern Grönlands Spalten überhaupt nicht mehr; von der Ostküste ausgehend, verlieren sie sich bei 15 km Entfernung, im Westen findet man sie 40—45 km landein. Keine Rinne, kein

Bach belebt die Oberfläche des Binneneises, die überall von trocknem Schnee überkleidet ist. Der im Eise herrschende Druck hält es nach allen Seiten in ausgleichender Bewegung, so dass es sich wie ein grosser Schild, in dem nur schwache, meridionale Wellen bemerkbar werden, über dem Untergrunde wölbt und nichts von dessen Relief wiederspiegelt. Felsen, die Nunatakken [1]), durchragen im Küstengebiete hier und da das Eis, verschwinden aber landein vollkommen, und mit ihnen jede Oberflächenmoräne.

Das Inlandeis Grönlands ist, wie v. Drygalski sich treffend ausdrückt, „ein Rest von den Eismassen der Vorzeit; es vermag sich heute in Grönland zu halten, es hätte sich aber unter den heutigen Verhältnissen dort schwerlich zu bilden vermocht. Es ist nur ein kleiner Theil von den gewaltigen Eismassen, die in der Eiszeit bestanden, doch es ist ihr getreustes Bild; und die Bewegungen der grossen Gletscher sind die letzten Aeusserungen jener Kräfte, auf denen das Wesen der Eiszeit beruht".

Andere Scenerien entrollen uns die Berichte der Sibirien-Reisenden. Auch hier kommen Eismassen vor, deren Entstehung in die Eiszeit zurückdatirt, aber die Kräfte, die sie einst bewegten, sind längst geschwunden, und starr, regungslos ruhen diese Relicte des grossen Phänomens unter Schutt und Erde begraben, als „Steineis" in die Gesteine der Erdkruste eingereiht. E. v. Toll, der die schwer zugänglichen neusibirischen Inseln im Auftrage der Petersburger Academie besuchte, berichtet, dass an der Steilküste der Ljächow-Insel grossartige Eismassen zu Tage treten, neben und über denen Ablagerungen gefrorener Lehmschichten verbreitet sind, welche die Reste quartärer Säugethiere und besonders der Mammuthe in so reicher Fülle enthalten, dass alljährlich Bewohner des gegenüberliegenden Festlandes sich auf diese Insel wagen, um sie auf das hier ausgewaschene Mammuthelfenbein auszubeuten. Die alten Gletscherspalten sind von Schutt und Schlamm der Obermoräne oder durch das Sediment der Schmelzwasserbäche im Laufe der Zeit ausgefüllt und durchziehen jetzt das „fossile Eis" wie Erdpfeiler, die beim weiteren Schwunde als Hügel und Mauern vor dem Eisrande stehen bleiben. „Beim Anblick dieser einstürzenden und abthauenden gefrorenen Erdmassen konnte ich mich des Gedankens nicht erwehren, dass, falls die Temperatur des Erdbodens der Insel sich nur auf kurze Zeit über 0° erhöbe, die Insel augenblicklich zu existiren aufhören müsste; sie müsste, in einen flüssigen Brei verwandelt, auseinander fliessen und nur die vier Berge blieben übrig." So Bunge, der Leiter der Expedition vom Jahre 1885/86.

1) Nunatak ist die Bezeichnung der Eskimos für eine Bergspitze oder eine grössere Fläche nackten Landes, die aus dem Inlandeise hervorragt (Nansen).

In diesen Lehmklüften liegen die Mammuthreste, oft noch mit Fleisch, Haut und Haaren bekleidet, und in gleicher Lage (nicht im Eise selbst) befand sich wohl auch das berühmte, 1799 auf der Halbinsel Bykow entdeckte Mammuth, das zum grössten Theil für die Wissenschaft gerettet wurde und eine Zierde des Museums der Petersburger Academie bildet. Das Studium der geschichteten Ablagerungen, die sich auf und neben dem Eise fanden, lehrte, dass unmittelbar nach oben hin sich sandige Schichten mit Weiden und anderen Pflanzenresten, dann eine torfartige Lage, dann eine Wechselfolge dünner Eis- und Lehmschichten und schliesslich die gegenwärtige Vegetationsdecke anschliessen. Nicht mehr über dem Eise, aber ihm angelagert, fanden sich ca. 20 Fuss mächtige Süsswasserschichten mit Bänken voll kleiner Muscheln, Phryganidenlarven, Birkenblättern u. a. E. v. Toll stellt diese Angaben zu einem lebensvollen Bilde zusammen. „Ueber die weit ausgedehnten Gletscherflächen ragen die einzelnen, nicht vereisten Berge gleich Nunnatakern Grönlands empor; wir erblicken Gletscherseen, deren Grund zum Theil noch Gletschereis bildet, die zum Theil aber ein soweit erwärmtes Wasser besassen, dass sich eine Mollusken- und Insectenfauna in demselben entwickeln konnte; an den Ufern der Seen gediehen kräftige Weiden- und Birkengestrüppe und Matten, hinreichend, um den Mammuthen, Nashörnern, Moschusochsen u. a. m. das Leben zu erhalten; und das Eis, an dessen Fusse sie wandelten, war die Ursache, dass sie über ihren Tod hinaus bis auf heute durch Tausende von Jahren hindurch als eisige Mumien erhalten blieben.“ Unwillkürlich denken wir an die interglacialen Ablagerungen Norddeutschlands zurück.

Man kennt bis jetzt nur vereinzelte Punkte der sibirisch-arctischen Gegenden, von denen „Steineis“ bekannt geworden ist, und sie scheinen einer Zone anzugehören [1]), die nicht unbeträchtlich das quartäre Meer, dessen Bedeutung für das diluviale Russland oben hervorgehoben ist, überragte. Es sind die Halbinsel Bykow, bei der Mündung der Lena, die Inseln Gr. Ljächow und Katjolnj, und ein Theil des Festlandes gegenüber der Insel Neusibirien. Erratische Blöcke sind seit Middendorf und durch Schmidt vom unteren Jenissei und dem Taimyr bekannt, Tschernyschow beschrieb die Schliffe, Schrammen und Findlinge des Timangebietes, so dass beide

1) Der von Dall entdeckte, 50—70 Quadratmiles grosse „fossile Gletscher“ an der Nordwestseite der Yakntat-Bai in Alaska gehört derselben Kategorie an. Das Eis wird durch Schlamm und Grus vor dem Abschmelzen bewahrt und ist bewegungslos. Aehnlich fossil gewordene, von undurchdringlichem Gestrüpp und Wald bedeckte Gletscher fanden Seton Karr und Harald Topham in der nächsten Nähe.

Phänomene, die eigentliche Eiszeit und ein Einbruch des Eismeeres, zu dem geologischen Aufbau und der Oberflächengestaltung Nordsibiriens beigetragen haben. Es scheint nach v. Toll sogar ziemlich sicher, dass die marinen Ablagerungen und die fossilen Gletschermassen gleichaltrig und altdiluvial sind. Die timanischen Gletscherspuren sind allerdings wiederum älter als die dortige Meerestransgression.

Nicht zu verwechseln mit den geschilderten Resten des glacialen Steineises sind die Eisböden der Tundren, welche theils aus alter Zeit herstammen, theils sich aber auch frisch erzeugen mögen, und die Steineismassen fluviatilen Ursprunges, quartäre Aufeisbildungen in Eisthälern, wie sie heute noch in Nordostsibirien vorhanden sind. Wo sich quartäre Ablagerungen mit Mammuthresten über ihnen finden, kann das Alter natürlich nicht strittig sein, aber man hat es in keinem Falle mit Resten des alten Inlandeises zu thun.

Die Beobachtungen an Gletschern haben gelehrt, dass das Eis, sofern es auf einer schiefen Unterlage ruht, eine Bewegung annimmt, die sich aus einer gleitenden (der ganzen Masse in ihrer Gesammtheit) und einer inneren (aus der Verschiebbarkeit der einzelnen Theile resultirenden) zusammensetzt. Ein dauernder Zuwachs durch Vermehrung der Firn- und Eismassen bedingt eine Druckentfaltung, die auch ohne Gefälle eine Bewegung einleitet, und, wenn nur die Mächtigkeit der drängenden Massen gross genug ist, das Eis selbst eine geneigte Ebene hinaufschieben kann. Die Unebenheiten des Untergrundes werden im letzteren Falle dem Vordringen des Eises grössere Schwierigkeiten machen, sie werden vielfach ablenkend wirken, schliesslich aber doch überwunden werden. Eine Terrainkante, welche zur Bewegungsrichtung des Eises senkrecht verläuft, etwa das Südufer eines ostwestlich streichenden Flussthales kann das andrängende Eis längere Zeit aus seiner nordsüdlichen in eine ostwestliche Richtung lenken; bei zunehmendem Anwachsen der Eismassen wird dieses aber eine Mächtigkeit erlangen, die ihm erlaubt, über die Terrainkante hinwegzugehen. Dies wäre ein Fall, wo Eisströme sich geradezu kreuzen können. Die räthselhafte Mischung der Findlinge mancher Gegenden lässt den Gedanken nicht so gesucht erscheinen, dass sich kreuzende Eisströme, die ja auch in Grönland erkannt sind, die Complication des Phänomens hervorgerufen haben.

Man hat in den letzten Jahren angefangen, diluviale Findlingsblöcke systematisch zu sammeln, in der Hoffnung, auf diese Weise den Weg des Eises zu ermitteln. Es handelt sich darum, die Heimath des Geschiebes, den Ort, wo die Gesteinsart, die hier in einem kleinen Brocken vorliegt, in

Massen ansteht, möglichst genau zu ermitteln. Je auffallender das Gestein in seinen Merkmalen, je enger begrenzt seine Heimath ist, um so sicherer das Resultat. Solche Geschiebe hat man als „Leithlöcke" den „Leitfossilien" verglichen, welche den Feldgeologen in den Schichten der Erdrinde den Pfad weisen.

Rhombenporphyr von Christiania, Granite und Rapakiwi von den Ålandsinseln, cambrische Sandsteine von Småland, Hardeberga und Bornholm, schwedische und esthländische Silurkalke, z. B. Kalk von Hulterstadt auf Oeland, Leptaenakalk vom Siljansee in Dalecarlien, Pentamerenkalk aus Esthland, devonische Gesteine aus Livland, rhätische von Hör in Schonen und der Insel Bornholm, Kreide von Arnager auf Bornholm, Köpinge in Schonen, Limnham, Faxe auf Seedal, Ryedal-Kreide mit verkieselten Coniferen, Weichselia u. s. w. — diese alle, die man jetzt in den Kies- und Lehmgruben Norddeutschlands neben einander finden kann, lassen sich sicher auf ihre Heimath zurückführen. Es hat sich nun eigenthümlicher Weise gezeigt, dass obere und untere Grundmoräne fast dieselben Findlinge enthalten, ferner aber, dass überall esthländische neben skandinavischen Blöcken vorkommen.

Die Vermischung der Leitblöcke in der oberen Grundmoräne könnte darauf beruhen, dass bei der zweiten Vereisung das Eis die alte Grundmoräne zum Theil wieder aufrollte und hierdurch Geschiebe aus Gegenden in sich aufnahm, die es nie berührt hat. Die lockeren Sande, welche so oft zwischen den beiden Geschiebemergeln auftreten, belehren uns freilich, dass dieser mögliche Fall thatsächlich nicht die Bedeutung hat, um das Phänomen allein erklären zu können. Die Thatsache, dass auch im unteren Mergel, oder, wo nur eine Grundmoräne hinterlassen ist und also auch nur eine einmalige Vereisung stattgefunden hat, Gesteine rein nördlicher Provenienz neben solchen östlicher und westlicher Herkunft liegen, verlangt eine andere Ursache. Es können deren mehrere gedacht werden. Erstlich wird der Eisstrom, welcher von den nordischen Höhen herabdrang, sich gegen seine Peripherie fächerförmig zertheilt haben. Derselbe Eisfaden, wenn dieser Ausdruck erlaubt ist, kann demnach, z. B. in seinem oberen Theile, eine rein nord-südliche Richtung gehabt haben, während er schliesslich in einer Curve mehr und mehr sich nach Osten biegt. Er kann zu uns Gesteine gebracht haben, die theils direct nördlich, theils westlich von ihrer jetzigen Lagerstätte anstehen. Wir müssen ferner damit rechnen, dass manche Gesteine, die gegenwärtig nur an wenigen Orten anstehend bekannt sind, früher eine grössere und zusammenhängendere Verbreitung hatten, die jetzt zerrissen

ist, vielleicht mit durch die Ausräumungsarbeit der Eisströme. Helland hat berechnet, dass das von dem Schreiteise nach Süden verfrachtete und in den Niederungen liegen gebliebene Material auf 700 000 Cubikkilometer geschätzt werden kann. Die im norddeutschen Diluvium überall häufigen sogen. Beyrichienkalke treten ganz übereinstimmend nur auf Oesel, ähnlich auch in Gotland, zu Tage; sie bildeten früher sicher eine zusammenhängende Schichtenfolge zwischen diesen beiden Inseln, haben sich aber vielleicht auch noch weiter östlich nach Esthland fortgesetzt, dessen Obersilurdecke stark zerstört ist. In Ost- und Westpreussen sind aber auch Findlinge, und zwar vorwiegend, verbreitet, welche nur aus Nordosten zu uns gekommen sein können, und auch ihnen leisten skandinavische Gesteine Gesellschaft. Um dies zu erklären, kann man annehmen, dass verschiedene Eisströme sich trafen, der schwächere in die Richtung des stärkeren abgelenkt wurde und allmählich sowohl Eis wie Grundmoräne mit einander verschmolzen, oder das oben über die Kreuzung der Eisströme Gesagte zur Erklärung heranziehen.

Aus dem Zusammentreffen, nicht von grossen Eisströmen, aber doch von einzelnen Zungen oder Schreitgletschern des Inlandeises lassen sich auch vielleicht die sogen. Åsar erklären, schmale, langgezogene Rücken, die sich zuweilen zusammendrängen, meist aber einen isolirten Grat bilden, der stets in die Richtung der Gletscherbewegung fällt und sich schon hierdurch von den Endmoränen scharf unterscheidet. Zuweilen sind sie aus Geschieben, die mehr oder weniger die Kennzeichen des Wassertransportes an sich tragen, regellos zusammenhäuft, oft nimmt aber auch geschichtetes Material, selbst mit Muschelresten, an ihrem Aufbau Theil. In Esthland ziehen sie sich gegen die Erhebung im Innern des Landes hin und man findet Steine aus dem Norden bergan nach Süden geschleppt. Hält man sie für die Schuttablagerungen von Oberflächenströmen des Binueneises, so muss man dem centralen Eisfelde schon eine sehr hohe Wölbung, dem Eise selbst eine gewaltige Mächtigkeit zuschreiben. Nach der Höhenlage der Schrammen auf Bornholm, Gotland und in Schonen würde das Eis der zweiten Invasion nur 120—180 m stark gewesen sein können, aber erstens wissen wir nicht, wie weit postglaciale Senkungen den Thatbestand verschleiern, und dann brauchen wir auch wenigstens in Esthland nicht nothwendig die Entstehung der Åsar mit dem zweiten baltischen Eisstrome zu verknüpfen, da weder in Ostpreussen, noch in Esthland zwingende Beweise für eine zweimalige Vergletscherung vorliegen, und auch in Russland interglaciale Bildungen nicht sicher nachgewiesen sind. Die Beobachtungen auf dem grönländischen

Inlandeise haben aber ergeben, dass dessen Oberfläche ganz frei von Schuttmassen ist und dass Ströme oder Bäche vollkommen fehleu. Dass die Åsar von Strömen unter dem Eise gebildet seien, ist auch schwer anzunehmen. Wenn hier Ströme circuliren, müssen sie unter gewaltigem Drucke und mit so heftiger Geschwindigkeit sich bewegen, dass es kaum zu Ablagerungen der aus der Grundmoräne gerissenen Steine kommen kann.

Die Richtung der Åsar spricht ebenso deutlich wie ein Schrammensystem auf Felsgrund, dass die Bewegung des Eises bei der Entstehung der Åsar betheiligt sein muss. Meiner Ansicht nach lassen sie sich ungezwungen erklären, sobald man mit der Vorstellung bricht, dass der Stirnrand des Inlandeises in einfacher Curve gleichmässig gewölbt, wie ein Festungswall sich erhoben habe. Das Eis rückte vielmehr in sehr unregelmässiger Front vor; lange Eiszungen schoben sich überall in die Hohlformen des Reliefs. Je intensiver der Nachschub in den oberen Regionen arbeitete, desto mehr verbreiterten sich auch die Zungen, proportional der Mächtigkeit des Eises, verbanden sich schliesslich mit ihren Nachbarn, bewahrten aber noch lange eine gewisse Selbständigkeit, wie Ströme, deren Wasser auch meilenweit neben einander fliesst, ohne sich zu mischen. Auf diesen Verbindungslinien häuften sich die sich berührenden Grundmoränen, hier, in den Senken des Eises strömten auch Gewässer aus, welche das Moränenmaterial weiter verarbeiteten, zuweilen auch zu Seen aufgestaut wurden, die rings vom Eise umschlosseu waren.

Die Ansichten über die einzelnen Phasen der Eiszeit in Europa gehen weit auseinander. Die exacte Parallelisirung der eigenartigen Gletschergebilde, welche so ausserordentlich von der Beschaffenheit der Gegenden, welche der Eisstrom durchglitt, alterirt werden, stösst auf grosse Schwierigkeiten, welche durch Richtungsänderungen der Eisbeweguug, durch locales Oscilliren der Gletscher und eine dadurch bewirkte Theilung der Grundmoräne in mehrere noch verstärkt werden. Eine endgültige Klärung wird erst eintreten, wenn das ganze riesige Gebiet durch Specialkartirung in Zusammenhang gebracht ist und man in der Lage ist, die abweichenden Verhältnisse entfernter Gegenden durch die Uebergänge zu verknüpfen.

Eine möglichst eingehende Kenntniss der orographischen Verhältuisse und der Vertheilung von Land und Wasser zu Beginn der Eiszeit würde für vieles, das heute noch räthselhaft erscheint, die Lösung liefern. Gegenwärtig können wir uns diesem Ziele nur nähern, indem wir die wenigen geologischen Daten mit den Reliefverhältnissen, besonders auch mit den Tiefencurven der anliegenden Meerestheile in Beziehung setzen.

Während an der Westküste Frankreichs eine allmähliche Abdachung von der Hundert-Meter-Zone (die hier dicht an die Küste tritt) zur Hundert-Faden-Linie führt, drängen sich die nun folgenden Tiefencurven eng zusammen, so dass die Spanische See eine Tiefe von über 5000 m erreicht. Folgt man der Hundert-Faden-Linie, so wendet sie sich an der Küste der Bretagne nach NW, biegt dann nach N um und tritt ziemlich nahe an die Westküste Irlands heran. Sie umsäumt die brittischen Inseln einschliesslich der Hebriden, Orkney- und Shetland-Inseln, tritt dann weit nach Osten heraus und wird nur durch die schmale „norwegische Rinne", welche im Skagerrak endigt und zugleich am tiefsten ist (808 m), von Norwegen getrennt. 100- und 200-Meter-Linie treten östlich der Shetland-Inseln in der NS-Richtung fast 6 Breitengrade aus einander. Im Hintergrunde des Skagerraks biegt die 200-Meter-Linie steil nach N um und schmiegt sich eng der norwegischen Küste an, welche steil zur Tiefe abstürzt.

Wir können bei Berücksichtigung vieler geologischer und stratigraphischer Thatsachen die Erfahrung machen, dass diese Linie mit der geologischen Grenze Europas zusammenhängt, welche durch Oscillationen des Landes häufig Verschiebungen erlitten hat und auch jetzt wieder in den Ocean zurückgesunken ist. In entlegenen Zeiten existirte die norwegische Rinne noch nicht; die alten Gneissgebirge der Hebriden und der schottischen Hochlande finden in den norwegischen Urgebirgen ihre directe Fortsetzung; ein gewaltiger Einbruch längs der Küste des südlichen Norwegens führte den nördlichen Ocean bis in das Skagerrak. Deutlich tritt ihr Einfluss hervor in den jüngsten Formationen. Wir erinnern uns, dass schon im Red Crag, mehr noch im Norwich Crag kälteliebende Muschelarten an der Küste des südöstlichen Englands erschienen, durch polare Tiefenströmungen hierher geführt und sich bis in die Gegend von Antwerpen an der Schelde und bis Valognes und Carentan verbreiteten. Ein Meeresarm trennte im Pliocän England vom Festlande, und wie hier vom Norden her als Vorboten der nahenden Eiszeit die ersten arctischen Meeresthiere einwandern, so suchten von hier aus auch manche zartere Nordseearten Schutz in der Spanischen See und im Mittelmeere. Zunächst beschränkte sich die Wandelung der Faunen auf das Meer, während das Klima auf dem Lande noch dem heutigen entsprach. Die Ablagerungen des „Forest bed" bei Cromer, welche über dem Norwich Crag folgen, beweisen dies deutlich; die Pflanzen und Bäume sind die der Gegenwart, die Thiere entsprechen selbst einem mehr südlichen Klima, in dem Löwen, Nilpferde und Hyänen sich wohl

fühlten.[1]) Das Meer war durch eine Hebung des Landes wieder weit von der Küste abgedrängt, und weit nach Osten dehnten sich die alten Wälder aus, deren Stümpfe hier begraben liegen. Das pliocäne Meer war verschwunden, England mit Frankreich und dem nordwestlichen Deutschland vereinigt. Bald darauf erfolgte im südöstlichen England wieder eine Senkung und der alte Waldboden wurde überlagert von einem Meeresabsatze, welcher die Muscheln der eigentlichen Nordsee enthält, unter anderen auch eine starke Austernbank, die, wie Torell hervorhebt, mit Sicherheit beweist, dass wir noch immer nicht in der eigentlichen Kälteperiode stehen, da die Austern sehr empfindlich sind, während der Laichzeit im Hochsommer mindestens +16°C. an der Oberfläche des Meeres verlangen und bei einer Bodentemperatur unter +6°C. überhaupt aussterben. Arctische Arten, wie Astarte borealis, mögen auch in diesem Falle mehr durch polare Unterströmungen herbeigeführt sein.

Eine Moränenbildung überlagert das Myalis bed, und die Geschiebe, die in dem Blocklehme auftreten, lassen keinen Zweifel, dass sie nicht von einer autochthon britischen Vergletscherung herstammt, wie die nordenglischen, schottischen und irischen Moränen, sondern ein Relict desselben Eisstromes ist, der auch Jütland, Schleswig-Holstein und selbst die Niederlande erreichte. Gesteine, die man in der Nähe von Christiania anstehend trifft, liegen von der Küste Norfolks bis zur Themsemündung zerstreut und bekunden die Richtung, in der das Eis sich bewegte. Die norwegische Rinne reichte also wohl bis zum Skagerrak und verhinderte überall das Uebergreifen der skandinavischen Eismassen nach der englisch-schottischen Küste, aber weiter im Süden und weit nach Südwesten war festes Land vorhanden, auf dem das Eis sich fortbewegen konnte. Ohne Zweifel ist ein so mächtiges Inlandeis, wie wir besonders im älteren Glacial vorauszusetzen haben, im Stande, einen seichten Meerestheil zu durchschneiden, aber ebenso zweifellos würden die Moränenbildungen dann Modificationen erfahren, wie wir sie etwa aus Ostpreussen kennen; marine Muscheln müssten sowohl von der Grundmoräne aufgenommen wie den aufgearbeiteten Sanden beigemischt sein, und wenn Seemuscheln fehlen, wie so häufig am Strande der Ostsee, müsste doch der Sand die Eigenschaften einer Uferaufschüttung tragen. In Ostpreussen sind für diese bearbeiteten Sande kleine Bernsteinbrocken höchst characteristisch.

1) Schon Lyell sprach sich dahin aus, dass die sowohl bei Norfolk wie im Themsethale beobachtete Vermischung der Reste präglacialer Thiere (Hippopotamus, Rhinoc. leptorhinus, Macacus pliocenicus etc.) mit arctischen darauf beruht, dass die Ablagerungen verschiedener Perioden hier vermischt werden. Aehnliches gilt für viele Höhlen.

Auch in Deutschland sind altglaciale Meeresablagerungen mit Nordseefauna bekannt, und die Thone mit Cyprina islandica, die auf Alsen und bei Apenrade gefunden sind, sollen nach Torell den Myalis beds genau entsprechen. Ihre geographische Lage macht das sehr wahrscheinlich; sollten die Cyprinenthone des frischen Haffs ebenfalls hierher gehören, so bleibt nur die Annahme möglich, dass ein schmaler Ausläufer der Nordsee bis nach West- und Ostpreussen reichte, den wir uns entweder als Fortsetzung des schleswig-holsteinischen oder durch die wichtige Seenregion Schwedens mit dem Skagerrak in Verbindung zu denken haben. Eine eigentliche Ostsee existirte damals wohl nicht, auch machen die mächtigen Ablagerungen bei Succase und Tolkemit am frischen Haff durchaus nicht den Eindruck, als wären sie vom vordringenden Eise aus dem Boden der Ostsee herausgehobelt und als Theile der Grundmoräne nach Süden verschleppt. Das Zusammenvorkommen von Cyprina islandica mit der characteristischen Muschel des Eismeeres, Yoldia arctica, ist von Torell dahin gedeutet, dass hier zwei ursprünglich verschiedene Ablagerungen, Cyprinenthon und Yoldiathon, durch das Eis ineinander geknetet und vermischt seien, da Cyprina islandica in Meeren von der Wärme der Nordsee, Yoldia arctica dagegen am liebsten in jenen Theilen des Eismeeres vorkommt, wo die Bodentemperatur zwischen 0° und —2° C. sich bewegt. Das Erscheinen dieser Muschel im südlichen Theile der Ostsee erklärte derselbe Gelehrte durch eine präglaciale Verbindung der Ostsee über Ladoga und Onega mit dem Eismeere, die noch heute durch die Lage der grossen Seen und die Richtung des finnischen Busens wiedergespiegelt wird.

Indessen brauchen wir auf diese complicirten Annahmen nicht zurückzugreifen, da auch auf Island in den jungen Absätzen des Meeres Yoldia neben Cyprina liegt, und werden auch auf den baltischen Ausläufer des Eismeeres verzichten müssen, da die angeblich präglacialen marinen Ablagerungen im Gouvernement Olenctz sich als Glacialgebilde herausgestellt haben, und erst in postglacialer Zeit einmal das Meer vom Norden aus sich bis in die Nähe dieser Seen verbreitete. Yoldia arctica, die in der Gegenwart die kältesten Stellen der Meere aufsucht, wird sich auch in dem Meere, welches im Westen mehr dem Gedeihen der Cyprina islandica günstig war, dorthin gezogen haben, wo die Temperatur des Wassers am tiefsten stand; in einem so seichten, schmalen Meere, wie der westpreussische Ausläufer der Nordsee jedenfalls gedacht werden muss, kann das Abschmelzen des herannahenden Eisrandes im Meere die Temperatur ganz ausserordentlich viel mehr erniedrigt haben, wie in dem breiteren westlichen Meere. Auch

wo später Yoldia arctica in den Zwischenbildungen des Glacials im Gebiete der Ostsee erscheint, deutet sie stets mehr auf locale Ansiedlungen hin. Unter allen Umständen müssen wir daran festhalten, dass noch niemals im ganzen Bereiche der Ostsee eine pliocäne marine Ablagerung gefunden ist, und dass, wenn der Yoldiatbon von Elbing thatsächlich präglacial ist (ein concludenter Beweis steht noch aus), es sich hier nur um einen schmalen Ausläufer der Nordsee nach Osten handelt, während eine präglaciale Ostsee als solche nicbt existirt hat.

Die Verbreitung des Inlandeises in Deutschland hatte im Allgemeinen eine vom Meere bis zum Mittelgebirge aufsteigende Fläcbe zu besiegen, denn Meeresabsätze fehlen seit dem Miocän überall und sind auch präglacial, d. h. in der der Vereisung unmittelbar voraufgebenden Zeit im Innern nicbt vorhanden. Die Thatsache, dass wäbrend der Glacialzeit hier und da Einbrücbe des Meeres stattfanden, welches seine Spuren auch deutlich hinterlassen hat, kann diese unsere Prämisse nur kräftigen. Wir dürfen das präglaciale nördliche Deutschland auch nicbt als ein Gebiet abnormer Depression auffassen, das etwa durcb einen Küstenwall vor Einbrüchen des Meeres geschützt wurde, da die Mittelgebirge offenbar schon seit sehr alter Zeit nach N. und NW. ihre Wasser gesendet haben. Es ist also anzunehmen, dass die vom Eise durchschrittenen Gebiete über dem Meere lagen. Vergleicbt man nun die nicht unbeträchtliche Zahl der Bohrungen im norddeutschen Flachlande, so wird man sofort gewahr, dass gegenwärtig die Grenze zwischen Diluvium und anstehendem Gestein, mit anderen Worten die präglaciale Oberfläche durchschnittlich oder docb vielfach unter dem Niveau des Nordseespiegels liegt. Die tiefsten Senkungen in Ostpreussen zeigen die Bohrungen von Purmallen bei Memel (64 m u. N.), Königsberg (hier mit starken Differenzen auf kurze Entfernung, von 22 m u. N. am Tragbeimer Thor bis 53 m u. N. am Haberberge), bei Insterburg (62 m u. N.) und Pillau (56 m u. N.). Bei Geidau bei Fischhausen, bei Angerburg und bei Lötzen liegt die Grenze über dem Meeresspiegel, an letzterem Orte (Feste Boyen) 43 m; Angerburg und Lötzen liegen im Gebiete einer Aufsattelung im preussiscben Höhenrücken.

In Westpreussen stehen der überwiegenden Anzahl von Bohrlöchern, welche die Grenze zwischen Quartär und anstehendem Gestein unter dem Meeresniveau nachweisen (am tiefsten bei Englischbrunnen bei Elbing, 117 m u. N.), die Erhebungeu bei Sypniewo (Kr. Flatow), Strassburg, Schönsee und Thorn gegenüber. Die drei letztgenannten Orte liegen auf dem Höhenzuge nördlich des Einbrucbstbales der Drewenz, Sypniewo im Norden des alten

Weichselthales, im Gebiete der pommerschen Seenplatte. Der Gegensatz, den wir schon nach diesen Angaben zwischen Senkungs- und Hebungsgebieten statuiren können, verschärft sich durch die in der Provinz Posen erzielten Resultate. Hier überall liegen die Quartärbildungen nicht unbeträchtlich über dem Meeresspiegel, so bei Inowraclaw, Elsenau, Swiontkowo, Pinsk, Filehne, Posen und Pleschen.

In Brandenburg haben wir, abgesehen von Berlin, tiefere Senkungen des Anstehenden bei Spandau, Rüdersdorf und bei Grüna bei Jüterbogk. Wenn wir aber schon dicht bei Rüdersdorf das Niveau sich wieder über das Meer erheben sehen, so zeigt besonders der genauer untersuchte Untergrund Berlins, wie vorsichtig man an diese Verhältnisse herantreten muss. Zwischen 1 m ü. N. und 90 m u. N. sind hier die verschiedensten Höhenlagen des Anstehenden gefunden, und es ist zweifellos, dass man hier nicht mit einheitlichen Hebungen und Senkungen, sondern mit den Verschiebungen kleinerer, durch Spalten und Verwerfungen getrennter Gebiete zu rechnen hat.

Bei Breslau und bei Glogau liegt das Diluvium sehr hoch (ca. 79 m die Unterkante), aber in Pommern haben wir, abgesehen von der geringen Erhebung bei Cöslin (8 m) und bei Stettin, Grüne Schanze (12 m), nur negative Zahlen, bei Karolinenhorst sogar eine Tiefe von 131 m. Mecklenburg zeigt bei Neuenkirchen den miocänen Glimmerthon an der Oberfläche, an anderen Stellen tief gesunken. In der Gegend von Bockum und Lübtheen hebt sich das Anstehende, Tertiär, nicht unbeträchtlich heraus. Dagegen reicht bei Rostock z. B. wieder das Diluvium tief herab. In den Gebieten von Hamburg, Lübeck und Schleswig-Holstein, bei Wilhelmshafen, bei Slagelse in Dänemark, in den Niederlanden befindet sich das Diluvium fast durchweg in tiefer Lage.

Diese Angaben, welche wir der übersichtlichen Zusammenstellung bei Wahnschaffe entnahmen, zeigen deutlich, dass der Boden Nord-Deutschlands auch seit der Glacialzeit nicht unbeträchtliche Schwankungen erlebt und im Allgemeinen sich gegen früher gesenkt hat, während einzelne Gegenden das alte Niveau ganz oder annähernd bewahrt haben. Kein Geologe wird sich wohl zu der Annahme bekennen, dass die tiefe Lage der Unterkante des Diluviums auf die Erosion des Inlandeises zurückzuführen sei, zumal die unmittelbare Einwirkung desselben auf das Relief, soweit sie über das Abräumen lockerer Massen hinausgeht, noch immer ein umstrittener Punkt ist. Die Bedeutung, welche die Spaltenbildung in den Hügellandschaften des nordwestlichen Deutschlands für die Oroplastik hat, erstreckt sich auch auf das vorgelagerte Flachland. Manche der Höhenzüge, welche es

durchsetzen, dürften weniger den Aufwölhungen älterer Gebirgsformationen ihr Dasein verdanken, die von den glacialen Ahlagerungen überzogen sind, als den Senkungen der benachbarten Gebiete, und stellen in der Tbat, wie Jentzsch, einer der besten Kenner dieser Gehiete, hervorheht, Horste im Sinne von Suess dar. Dic Bohrlöcher, die auf der Höhe des Fläming angesetzt wurden, haben nur Diluvium und Braunkohlenformation nachweisen können; der vermuthete Kern älterer Schichten ist nicbt vorhanden. Natürlich gilt dies nicht von allen Höhenzügen; wölbt sich doch bei Magdeburg die Grauwacke hoch aus dem quartären Gehicte heraus. Aber so gut, wie die Sattel und Mulden der älteren Formationen bestimmten Richtungen folgen, so sind auch die Spalten solcben unterworfen. Die Spannungen in der Erdkruste werden durch den Zusammenschuh der Gehirge nicht gänzlicb ausgelöst, sondern nur soweit es jeweilen die Bedingungen zuliessen; in Zeiten lange nach den ersten tektonischen Bewegungen können epigone Kraftäusserungen erfolgen, welche den älteren Richtungen nachgeheu. Die alten Wunden der Erdrinde beilen nicht, sondern rühren sich stets von neuem wieder, und es ist unmöglich, nur aus der Richtung einer tektonischen Veränderung, einer Dislocation, einen Rückschluss auf die Zeit der Entstehung zu machen. In den lockeren Schuttmassen des norddeutschen Diluviums verwischen sich aber aucb alle Terrainkanten und Unebenheiten, die durch Verwerfungen hervorgerufen werden könnten, sehr rasch, und es wird stets misslich um den exacten Nachweis solcher Sprünge stehen, dic wir theoretiscb fordern müssen.

Resumiren wir das Gesagte, so lässt sich erkennen, dass die Aushildung des präglacialen Untergrundes sowohl die Bewegung des Inlandeises wie die Schuttablagerung beeinflussen musste. In flachen Gegenden wird die Moränenschicht eine geringere Mächtigkeit erlangen als in Senken oder vor Höhenrücken, die das Eis stauten. Das jetzige Relief spiegelt aher den präglacialen Untergrund nicht getreu wieder. Hat schon die Bedeckung mit Moränenschutt dessen Charactere verwischt, so wurden in das neu entstandene Bild durch postglaciale Dislocationen noch mehr fremde Züge hineingetragen.

Die Niveauschwankungen Nord-Deutschlands müssen uns besonders interessiren mit Hinhlick auf die Geschichte der Ostsee und die Hebungen und Senkungen der grossen skandinavischen Masse.

Die auf die Ostsee bezüglichen Daten sind nocb wenig durchsichtig. Nirgends ist aber, wie gesagt, im Bereiche ibrer Küsten Pliocän gefunden; sclbst das samländische Tertiär beschränkt sich auf den südlichsten Theil.

Zur Pliocänzeit lag hier überall Festland. Traf das vorschreitende skandinavische Eis auf ein marines Ostseebecken? Man muss es bezweifeln. Sind auch die Thone mit Cyprina islandica von Alsen, Apenrade, Segeberg und Tarbeck präglacial, so bedeuten sie, auch in Verbindung mit den Funden ähnlicher mariner Schichten am frischen Haff, dass ein Meeresarm sich von Schleswig-Holstein bis Westpreussen erstreckte, dessen Nordrand in das Gebiet der heutigen Ostsee zu liegen kommt, der aber an sich mit dieser wesentlich meridional gestreckten Senke nichts gemein hat.

Es ist für das Verständniss der diluvialen Vereisung von Bedeutung, sich an die orographischen Verhältnisse der vorhergehenden Zeit zu erinnern. Seit dem oberen Miocän, das ganze Pliocän hindurch, hatten Verwitterung, Regen und Flüsse am festen Lande nagen können. Wenn auch keine hohen Gebirge in Norddeutschland aufragten, so reihten sich doch manche aus Trias-, Jura- und Kreidegesteinen geschnittene Kuppen zu Höhenzügen an einander, während die weicheren Tertiärschichten in ausgedehntem Masse der Zerstörung anheimfielen und stellenweise gewisse Bodenformen enthüllt wurden, wie sie vor Beginn der oligocänen Transgression aus der Fläche des Senon-Gebietes herausgemeisselt waren. Ein Festland erfordert seine Wasserscheiden und Flussläufe; je länger diese Zeit haben, sich zu verfestigen, desto schwerer werden sie sich verwischen lassen. Dass unsere mitteldeutschen Thalläufe ein beträchtliches Alter haben, ist nicht anzuzweifeln. Die ältesten Flussschotter muss man, auch wenn sie keine beweisenden Wirbelthierreste, wie Mastodon arvernensis u. a. führen, dem Pliocän gleich setzen. Häufig mögen die Flussbetten schon am Schlusse der Kreidezeit gebildet und nach dem Rückzuge des Tertiärmeeres wieder aufgesucht sein. Die pliocänen Flüsse hatten ihre vertieften Thäler aber nicht nur im Mittelgebirge, sondern auch im nördlichen Vorlande, welches vor der Ablagerung der nordischen Gletscherproducte jedenfalls ein ziemlich bewegtes Aussehen hatte, und führten ihre Wassermassen wesentlich westlich ziehenden Strömen zu. Die skandinavisch-baltische Tafel sandte grosse Flüsse nach der Nordsee hin, in welche die meisten unserer deutschen mündeten.

Diese Verhältnisse lagen vor, als die Eiszeit eintrat. Die klimatischen Aenderungen, welche sie bedingten, feuchtere Luft und herabgesetzte Temperatur, herrschten nicht nur in den skandinavischen, schottischen und nordisch-russischen Gegenden, sondern über ganz Europa oder wurden doch allmählich dort verbreitet; Zeuge dessen sind unsere Hochgebirge, deren jedes um sich eine Region der Vergletscherung schuf. Wo keine Vereisung eintreten konnte wegen der zu geringen Sammelbecken für Schnee und Firn,

also auch der Nachschub zu gering war, äusserte sich der grosse Feuchtigkeitsgehalt in stärkeren Niederschlägen. In ihrem Entstehungsgebiete von grösseren Gletschern gespeist, im Mittellaufe durch reichlichen Regen vergrössert, führten die Flüsse bedeutendere Wassermassen dem Meere zu; dasselbe Phänomen schuf dort das Inlandeis, hier den hochgeschwollenen Strom. Dass die riesigen, dem Durchbruch der Thäler vorgelagerten Massen des Inlandeises einen stauenden Einfluss auf einen nach Norden abfliessenden Strom ausübten, scheint dazu zu kommen; an den Gehängen des Weserthales lagern unweit der Porta alte Schotter, während über die Pässe das drohende Eis schon nordisches Material schickte.

Im Allgemeinen wird man aber vorsichtig handeln, wenn man den stauenden Einfluss des Inlandeises nicht zu hoch anschlägt. Nicht als ein gigantisch aufgethürmter Wall, sondern mit tausend Zungen in jede Niederung hineinleckend, nicht einen breiten Wasserschwall vor sich her schiebend, sondern als Erzeuger einer unendlichen Reihe mäandrisch wechselnder Rinnsale, die ebenfalls das vorliegende Terrain nach seinen orographischen Anlagen durcheilten, so rückte wohl das Diluvial-Eis vor, und ebenso zog es sich zurück, hier und dort Inseln zurücklassend, die allmählich und für sich abschmolzen oder als todte Gletscher verdunsteten. Bei starker Neigung des Bodens gegen die See konnte wohl das Eis diese überwinden, nicht aber das dem Druck nicht Stand haltende Wasser.

Die Vorstellung, dass der Rand des Inlandeises einerseits, der Wall der deutschen Mittelgebirge andrerseits die Möglichkeit zum Aufstauen grosser Seen boten, ist sehr verbreitet. Man erklärt auf diese Weise die Entstehung des geschiebefreien Lehmes, der an vielen Stellen die Hügel überzieht oder hoch an den Flanken der Flussthäler gelagert ist, als den Niederschlag in solchen Stauseen, in welche sowohl die Schmelzwasser wie die mitteldeutschen Flüsse sich ergossen. Man erklärt so auch das Vorkommen erratischer Blöcke hoch an den Bergen des Harzes; die Gletscher des Inlandeises kalbten in den grossen Stausee und die wandernden Eisberge trugen dann ihr nordisches Material noch weit über die Linie hinaus, die das eigentliche Inlandeis erreicht haben soll, und auf Höhen, die nie vergletschert waren. Man hat sogar Drift- und Gletschertheorie in der Weise combinirt, dass man annahm, die colossalen Massen abschmelzenden Wassers hätten stellenweise das Eis vom Boden abgehoben, sodass eine infraglaciale Drift entstand. Schwere Bedenken müssen hiergegen erhoben werden, ganz abgesehen von der Vorstellung, die eine marine Bedeckung Deutschlands zwischen dem Rande des Eises etwa in der Breite von Rüdersdorf und dem Mittelgebirge für möglich hält.

Das specifische Gewicht des Eises ist 0,918 auf Wasser von 4° C. bezogen; die mittlere Dichte des Meereswassers wird auf 1,028 derselben Einheit angegeben. Man wird also im Allgemeinen richtig den untergetauchten Theil einer schwimmenden Eismasse auf $^9/_{10}$ der Gesammthöhe anschlagen, wobei noch in Betracht zu ziehen ist, dass dem Inlandeis gewaltige Massen der Grundmoräne anhaften, welche sein specifisches Gewicht immer noch etwas erhöhen.

Welche Vorstellung soll man sich machen von den Wassermassen, welche eine auf 1000 m berechnete Inlandeisdecke zum Schwimmen bringen konnte? Die Ostsee hat in ihrem ganzen Bereich keine Tiefe, die 400 m erreicht. Die tiefsten Diluvialschichten, welche in Norddeutschland erbohrt sind, lagern in 131 m Tiefe, und verdanken diese tiefe Lage, wie oben auseinandergesetzt ist, einer nachträglichen Senkung des Bodens (was auch für die Ostsee gilt).

Der Spiegel der Wassermasse, welcher die Eisdecke in die Höhe drücken konnte, ist also gering gerechnet, 700 m über das Niveau der heutigen Ostsee zu setzen! Dass diese Wasseranhäufung nicht etwa als mögliche Folge einer localen Anziehung der Eismassen auf die Gewässer der Nordsee ausgegeben werden darf, ist durch Hergesell's und v. Drygalski's Rechnungen klar bewiesen.

Da die Attraction des Eises eine derartige abnorme Wasseranhäufung nicht auf eine vereinzelte Stelle der Erde zu bannen vermag, so ist von vornherein die Möglichkeit ihrer Existenz abgeschnitten. Ganz abgesehen davon, dass das Eis auch beim rapidesten Schmelzen nicht dieses Meer auszuspeien vermochte, so würde es sich immer wieder verlaufen haben, bis auf Binnenseen und Tümpel, deren Wassermassen das Eis mit Leichtigkeit auseinanderdrückte.

Die Möglichkeit eines local zwischen dem Rande des Inlandeises und dem Abfall einer Bergkette, welche einen festen Abschluss darstellt, entstandenen Eismeeres ist dagegen vorhanden. Aber selbst hier ist die Thätigkeit der Eisberge sehr beschränkt. Abbrechende Schollen des Eises können hier zum Schwimmen kommen, selbst solche, welche der ganzen verticalen Höhe des Eises entnommen sind und bis zur Grundmoräne reichen. Aber da eine derartige Stauung nur in beschränktem Massstabe, in Folge ganz localer Umstände, möglich ist, ist auch dem Wandern des Eisberges rasch ein Ziel gesetzt. Unweit des Eisrandes, sobald der Boden sich um wenige zehn Meter erhöht hat, kommt er schon zum Stranden. Die mitgeführte

Grundmoräne wird also verhältnissmässig wenig höher abgelagert als die primäre des Inlandeises.

Nehmen wir die grosse Tiefe von 200 m (relativer Höhe; Mittelgebirge wie z. B. die Weserkette besitzen in ihrem Steilabfalle nach dem Weserthale nur an wenigen Stellen eine grössere relative Höhe) als möglich an, so darf der Rand des umschliessenden Inlandeises nicht viel weniger hoch angenommen werden, da sonst das Wasser über die niedrigen Eisvorläufer sich hinwegverbreiten und einen Abfluss suchen und finden würde. Für 300 m Inlandeis erhalten wir eine Verschleppungsmöglichkeit um 30 m nach oben, welches beim Abfall des Wesergebirges nach N. etwa einer horizontalen Beförderung von 400 m entspricht. Ist das Inlandeis in viele niedrige Zungen vorgestreckt, so würde sich ja die Sache wesentlich günstiger gestalten, aber in diesem Falle scheint die Bildung eines tieferen Stausees ausgeschlossen.

Auch die Bildung der norddeutschen Flusssysteme ist in engeren Zusammenhang mit dem Glacialphänomen gebracht.

Die grossen Flussthäler, welche die norddeutsche Niederung durchziehen, bieten manche Eigenthümlichkeiten des Verlaufes, auf die schon im Anfange dieses Jahrhunderts die Aufmerksamkeit der Geologen gelenkt war und deren Zusammenhang mit der Zeit des Inlandeises später Berendt betont hat. In den breiten Thalsenken bilden die Flüsse selbst nur verhältnissmässig schmale Rinnsale. Bei der Oder und Weichsel fällt auf, dass die Ströme plötzlich aus der südost-nordwestlichen Richtung steil nach Norden umbiegen, ein Knie, das um so schwerer zu erklären ist, als die ursprüngliche Richtung sich durch alte Thalläufe bis weit nach Westen hin verfolgen lässt und kein Zweifel aufkommen kann, dass die Ströme ursprünglich diesen folgten, während sie in ihrer neuen Richtung die norddeutschen Höhenzüge quer durchbrechen mussten.

Das ganze System der norddeutschen Flussläufe westlich des 12° östl. Länge deutet an, dass sie alle einem riesigen Strome tributär waren, der in Unterlauf und Mündung der Elbe entspricht, vielleicht aber noch einen Arm zur Wesermündung sandte. Ein alter Thallauf lässt sich vom Bug bis Havelberg an der Elbe verfolgen; er wird bis Fordon von der Weichsel, von dort bis Küstrin von der Netze und Warthe, eine Strecke auch von der Oder benutzt, und endigt in jenen Niederungen, welche man bei der Anlage des Finow- und des Fehrbellin-Ruppiner Canals benutzt hat. Dies ist Berendt's Thorn-Eberswalder Thal. Südlich folgt das sog. Warschau-Berliner Thal, nach einander vom Ner, der Warthe, Obra und

Oder durcbströmt. Aus dem gegenwärtigen Oderthal zweigt es sich mit dem Friedrich-Wilbelms-Canal ab, hildet das Spreethal und erreicbt über Berlin binaus, in der Richtung des Havelländischen Canals noch vor Havelberg das Thorn-Eberswalder Thal. Das Glogau-Baruther Thal lässt sich aus dem Tbale des Bartsch über Glogau bis zum Spreewalde, und von dort über Genthin zur Elbe verfolgen. Das alte Elbthal selhst beginnt in den Niederungen östlich von Hoyerswerda, nimmt dann zuerst das Glogau-Baruther, dann das Thorn-Eberswalder Thal auf; oh sicb in der Ricbtung, die durcb Ohre und Aller bezeicbnet wird, ein Theil des Urstroms abzweigte, bleibt hei der relativ geringen Breite des Ohrethals gegenüber dem 6 km breiten Elhthale sehr zweifelhaft. Nach Wahnschaffe bätten sich die hochgeschwollenen Fluthen bier nur vorübergebend einen Abfluss gesucht. Zahlreicbe Querverbindungen zwischen den genannten Hauptthälern compliciren das Bild und mögen vorühergehend von den Flüssen benutzt sein.

Allem Anschein nacb sind nun die grossen ost-westlich ziehenden Hauptthäler in ihrer Anlage präglacial oder pliocän. Hier hatten sich lange vor dem Herannahen des Eises die alten Flüsse ihre Wege zur Nordsee gesucht, die sich in bemerkenswerther Weise an das Streichen der norddeutschen Sedimentärschichten und der jüngeren Bodenanschwellungen halten. Man bat eine Zeit lang geglaubt, dass dieses grossartige Rinnensystem unmittelbar dem abschmelzenden Eise seine Entstehung verdanke, sodass zuerst das Glogau-Barutber Thal von den Scbmelzwassern des Eisrandes ausgefurcht sei, und die beiden andern Thäler ebensolchen Rückzugsetappen des nordischen Eises entsprächen. Ganz abgesehen von den gewichtigen Gründen, welche für den tectonischen Character der grossen Thalrinnen sprechen, ist auch hier die Vorstellung, die man sich von dem Rande des Inlandeises machte, zu schematisch.

Bei der Querung der westlich gerichteten Ströme schob das Eis diese nicht vor sicb her, sondern bier und dort griffen die Eiszungen durch das Flusstbal, dämmten es ah, lenkten die Gewässer aus den Betten. Weder das vordringende nocb das abziehende Eis konnte durch die Schmelzwasser seines (längere Zeit stabilen) Randes ostwestlich verlaufende Thäler ausgraben, denn einmal rückte es nicht in geschlossener Linie vor, zweitens aber hätten die Schmelzwasser, diesen Fall zugegehen, immer ein Ufer wieder zerstören müssen, sobald die Frontlinie verlegt wurde, beim Abzuge also das nördlicbe. Jedenfalls aber enthrannte zwischen den autochthonen, durcb das feuchte Klima gestärkte Strömen und dem fremdländischen Eise ein heftiger Kampf.

Es muss immer wieder betont werden, dass das Inlandeis von der Nordsee bis zum Mittelgebirge eine Steigung vorfand, die es nur durch den enormen, von seinem Sammelbecken hoch im Norden ausgehenden Druck überwinden konnte. Unter dem Eise circulirende Gewässer können allenfalls mit unterirdischen Quellläufen verglichen werden, die nach dem Gesetze communicirender Röhren sich verhalten, niemals aber die an der Stirn des Eises austretenden und von jedem Drucke befreiten Schmelzwasser. Es fragt sich, ob diese überhaupt die Kraft zu der ihnen zugemutheten Arbeit besassen. Der Abfluss eines stehenden Gletschers entspricht dem durchschnittlichen Niederschlage der Feuchtigkeit in seinem Sammelbecken, vermindert um das durch Verdunstung verlorene Quantum. Der Gletscher wirkt gleichsam als Vermittler, indem er, selbst im Grossen sich an Masse gleich bleibend, die Niederschläge des Sammelbeckens weit entfernt von diesem abgiebt. Rückt der Gletscher vor, so vergrössert sich sein Volumen und vermindert sich die Abgabe, wenigstens verhältnissmässig; zieht er sich zurück, so giebt es zwei Cardinalfälle. Erfolgt der Rückzug in Folge einer Temperatursteigerung unterhalb des Sammelbeckens, während in diesem die Verhältnisse die alten bleiben, so muss die Wasserentwickelung mächtig gesteigert werden (warme Sommer in der Schweiz); erfolgt er aber in Folge geringerer Niederschläge in der Firnregion, so tritt ein Schwund des Eises ohne Ersatz ein, ohne dass reichlicher Wasser entwickelt wird als vorher.

Diese einfachen Sätze sind häufig nicht beachtet, wo es sich um die Aufstellung von Theorien handelte, welche gewisse diluviale Erscheinungen durch Vorhandensein gewaltiger Wassermengen erklären sollten.

Im Allgemeinen führt man die Bildung des Binneneises auf Vermehrung der Niederschläge im skandinavisch-baltischen Gebiete und in den gebirgigen Gegenden Mitteleuropas zurück; die Abnahme ist dann einfach proportional der Abnahme des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft, die im Sammelbecken nicht mehr nährt und unten zehrt. Eine Temperatursteigerung ist kaum anzunehmen und würde ausserdem durch die grosse Verdunstungskälte des rasch schmelzenden Eises sich selbst paralysirt haben. Das Wahrscheinliche ist also ein ganz langsames Schwinden der Eismassen, ohne vermehrten Wasserzudrang; dagegen wurde die Zahl der Wasseradern sehr vermehrt, weil das Eis beim Schwinden in Einzelbezirke zerfiel, und diese Adern wechselten mit der veränderten Gestalt der Eisreste, sodass auch auf diese Weise eine fast allgemeine Aufbereitung des Geschiebemergels zu Sand und Grand erklärt werden kann, ohne die Hülfe diluvianischer Fluthen, die im Stande sind, ganze Flussthäler in relativ kurzer Zeit auszuwaschen.

Schliesslich ist nicht ausser Acht zu lassen, dass die Eismassen des zweiten baltischen Stromes von Osten nach Westen sich bewegten, indem sie um die Südspitze von Schonen sich herumbogen. Die Richtung der auf felsigem Untergrunde hinterlassenen Schrammen und die Art der verschleppten Geschiebe, deren Heimath in deu östlichen Ländern zu suchen ist, schliesslich die Thatsache, dass in Schonen nur das ältere nordsüdliche Schrammensystem beobachtet wurde, lassen hierüber keinen Zweifel. Der zweite Eisstrom, als der schwächere, wurde von der inzwischen hergestellten Ostseesenke entschieden beeinflusst.

Der „Rückzug" erfolgte genau gegen die Richtung der Kraft, welche das Eis treibt. Bei der breiten Masse des Inlandeises, in welcher die Druckrichtung sich fächerförmig zertheilte, wird die Abschmelzung wohl zugleich die Längsfronten angegriffen haben, aber dann sowohl im Norden wie im Süden. Die Einwirkung der Eisschmelze auf das deutsche Stromsystem könnte nur in der Ablenkung der Flüsse aus der OW-Richtung in die NS-Richtung liegen, welche dem eigentlichen Stirnrand parallel ging. Gerade diese den grossen deutschen Strömen eigeuen Kniee sind aber der Ausdruck tektonischer Spalten.

Berendt selbst, welcher die norddeutschen Thalsysteme zum ersten Male mit der Eisschmelze in Verbindung brachte, ist jetzt anderer Ansicht und geneigt, sie als grabenartige Einbrüche aufzufassen, denen die diluvialen Schmelzwasser jeweilig folgteu. Die Resultate der Tiefbohrungen, welche das unter dem Diluvium anstehende Gestein in den Thälern meist viel später erreichten, als auf den Uferhöhen, scheinen hierfür zu sprechen. Nachdem die Verbreitung ausgedehnter Spaltenzüge in Norddeutschland, welche ebenfalls der Nord-Süd-, resp. der Nordwest-Südost-Richtung folgen und häufig ein recht junges Alter haben dürften, besonders durch v. Koenen's Untersuchungen nachgewiesen ist, liegt es näher, auch die Ablenkung der Flüsse aus ihren alten Betten nach Norden hin mit solchen Lagerungsstörungen in Verbindung zu bringen, die gegen Ende der Glacialzeit erfolgt sein müssen.

Alle Erfahrungen, die uns besonders die wichtigen Tiefbohrungen im Norden und Osten Deutschlands gebracht haben, lehren uns, dass auch das Eis diese alten Formen der Oberfläche nicht einzuebenen vermochte, sondern dass es sie nur mit Schutt überkleidete und recht eigentlich vor Zerstörung schützte. Ein vorrückendes Meer ist der unerbittliche Feind der Festlandsformen, es legt hohe Gebirge nieder und breitet auf der abgehobelten Fläche die Reste der alten Gesteine in Form von Geröll und Sanden aus. Das Eis presst sich in die Vertiefungen, erklimmt die

Höhen und senkt sich wieder hergab, es räumt die umherliegenden Gesteinstrümmer fort und ersetzt sie durch mitgebrachte Schuttmassen, die Moränen. Obgleich in den Hohlformen des Terrains mehr Moränenmaterial abgelagert wird als auf den Höhen, so erfolgte eine Ausgleichung der Oberfläche doch erst später durch die von den Eisflüssen transportirten Sandmassen, die besonders beim Rückzuge des Eises Gelegenheit fanden, in mäandrischem Lauf ihre Materialien hier und dorthin zu führen. Daher senken sich die Geschiebemergel bald tief unter die diluvialen Sande, bald durchragen sie dieselben kuppenförmig, ein abgeschwächtes Bild des einstigen Reliefs.

Da nach dem Diluvium grössere Abspülungen nicht stattgefunden haben, sondern durch die Schmelzwasser des fliehenden Eises nur die oberste Schicht aufgearbeitet, zum Theil mit Sand und Grand bedeckt wurde, so ist selbst das obere Diluvium noch vielerorts als fast intacte Decke vorhanden. Freilich reinigten die Flüsse ihre verschütteten Läufe nach Kräften, trennten die Uferränder wieder von einander und schnitten Diluvialinseln aus den im Thale lagernden Massen oder vom benachbarten Plateaurande ab; von einzelnen Höhenzügen wurde das Moränenmaterial abgespült und durch die Flüsse weiter verarbeitet. Aber die weiten Flächen zwischen den Flussläufen, zwischen den Höhenzügen haben wir als ziemlich unverändert anzusehen und das umsomehr, je thoniger der Geschiebemergel ist. Die Durchtränkung mit humusreichen Gewässern von oben wirkte nur an Ort und Stelle umändernd. Wir gewinnen dadurch den Gesichtspunkt, dass wir überall, wo Geschiebemergel in grösseren Massen die Plateauflächen einnimmt, die Moränen der für diese Gegend letzten Vereisung annehmen dürfen. Umgekehrt bezeichnen die dem festen Grundgebirge aufgelagerten Moränen oder Moränenproducte im Allgemeinen den erstmaligen Eintritt der Vereisung, da die Eismassen selbst über lockere Sandmassen sich hinschieben, ohne sie hinwegzuräumen. Ist nur eine Geschiebeformation vorhanden, so ist die Gegend demnach nur einmal von Eis überzogen gewesen; ob diese Zeit der ersten oder zweiten Vereisung anderer Gegenden entspricht, ist schwer nachzuweisen, wenn man nicht den Uebergang in den oberen oder unteren Geschiebelehm verfolgen kann. Obwohl der Untergrund Norddeutschlands die Bewegung des Inlandeises beeinflusst haben muss und speciell für die Richtung der herausgepressten Eisströme und der Wasserläufe von Wichtigkeit war, so ist doch die gegenwärtige Oberfläche fast der alleinige Ausdruck der Thätigkeit des Eises. Grundmoränen und Sande haben oft beträchtliche Niveauunterschiede ausgeebnet, und andererseits sind Terrainformen geschaffen, die nur Gebieten

früherer Vergletscherung zukommen und ganz unabhängig von dem vorgefundenen Relief sind. Die ebenen Flächen, mit denen der Geschiebemergel in den Character der Landschaft eintritt, verrathen nichts von den Unebenheiten des Terrains, über dem er sich ausgebreitet hat. Nur sehr geringe Bodenanschwellungen verlaufen wie Wellen hier und dort, oder flache Rinnen, in denen eine Wasserader oder ein kleines Moor die Niederschläge des schwer durchlässigen Gebiets sammelt. Diesen Rinnen kam einst eine grosse Bedeutung zu, als sie die Schmelzwasser des schwindenden Eises den Hauptwasserzügen zuführten, jetzt sind sie häufig trocken gelegt. Ganz eigenartig für diese Gebiete sind die oft kreisrunden Pfuhle oder Sölle („Grundlosen"), die, mit Wasser oder mit Moor gefüllt, hier und da zerstreut liegen und vom Ackerbau umzogen sind. Zuweilen ordnen sie sich in Reihen, die mit den Rinnen zusammenfallen, zuweilen liegen sie ganz isolirt. Berendt und E. Geinitz nehmen an, dass sie nach Art der Riesenkessel durch die auf Spalten herabstürzenden Schmelzwasser ausgestrudelt sind, doch mögen sie zum Theil auch mit verdeckten Spalten des Untergrundes, auf denen Wasser circulirt und unterwäscht, in Zusammenhang stehen. Wo der Mergel zu Tage liegt, breiten sich fruchtbare Saatfelder aus; am Character der Vegetation wird man sofort sehen, wo der Mergel durch Sand ersetzt ist, der als Rückstand liegen blieb, als die Gletscherströme des schwindenden Eises den Mergel durchwühlten und aufarbeiteten. Der feine Sand wurde von den Fluthen in die Thäler hinabgetragen, wo er als Thalsand den ebenen Thalboden bildet, die gröberen Rückstände blieben aber auf den Hochflächen liegen und bilden, je nach dem Geschiebereichthum der zerstörten Grundmoräne, mehr oder minder mächtige Anhäufungen. Wahnschaffe beobachtete in der Schulenburgschen Forst, nördlich von Cunrau in der Altmark, ein durch Brand entwaldetes und seiner Nadeldecke beraubtes Gebiet, in welchem zahllose Blöcke, oft einen halben Meter im Durchmesser, wie ein Steinpflaster aus dem Boden hervorschauten. „Die ganze Lüneburger Haide und die im Südosten angrenzenden Gebiete der Altmark stellen ausserordentlich öde, eintönige, wenig gegliederte Hochflächen dar, die auf meilenweite Erstreckung als alleinige oberflächliche Bildung den oberen Geschiebesand zeigen."

Dieser obere oder Decksand ist es, der viele Gegenden so unwirthlich macht; dem stärkeren Winde zu Willen breitet er sich bald hier, bald dorthin aus, und es erfordert hohe Aufmerksamkeit und rührige Arbeit, die fruchtbaren Felder vor ihm zu schützen. Liegt er in Ruhe, so sieht man die Oberfläche häufig in Wellenform erstarrt wie beim echten Dünensande. Die grösseren Gesteinsbrocken, welche auch in ihm eingebettet sind, haben

nicht die Beweglichkeit des feinkörnigen Sandes; sie verharren in Ruhe, während der Wind fortwährend neue Sandtheilchen gegen sie treibt. Wie kleine Projectile schlagen Millionen Sandkörnchen gegen die Findlinge und die unbedeutende Arbeitsleistung eines jeden wird allmählich zu so bedeutenden Beträgen summirt, dass die Steine nach den herrschenden Windrichtungen völlig abgewetzt werden und regelmässige Kanten bekommen. Die sog. „Dreikanter“ sind eine characteristische Erscheinung in allen Flugsandgebieten, und wie man ihre Entstehung noch gegenwärtig in der Wüste oder in öden Landstrichen (Nömme bei Reval, unter dem Regensteine bei Blankenburg) beobachten kann, so finden sie sich auch in älteren Sandsteinen, selbst in cambrischen, eingebacken, ein sicheres Zeichen, dass diese Gesteine zeitweise trocken gelegte Uferdistricte bildeten. Die Meinung, dass die „Dreikanter oder Pyramidengeschiebe“ auf die obersten diluvialen Sande beschränkt seien, ist durch die Erfahrung beseitigt; sie bildeten sich überall, wo die Bedingungen gegeben waren und bilden sich noch immer neu. Ihre regelmässigen Gestalten, denen das Sandgebläse eine eigenthümlich fettige Politur verleiht, hat wohl manchen verleitet, sie für Artefacte zu nehmen.

Wir kommen zum letzten Theile unserer Betrachtungen über die Phänomene der Eiszeit, zu der Frage, ob kosmische oder tellurische Ursachen im Hintergrunde stehen, ob sie periodisch wirken oder zu jenen unberechenbaren Factoren gehören, die ein Zusammentreffen mehrerer an sich von einander unabhängiger Processe in der Lebensgeschichte des Planeten fordern. Von einer exacten Beantwortung muss abgesehen werden; jede Discussion über dieses Thema operirt mit Wahrscheinlichkeitsgründen, und je positiver mit Zahlenwerthen ausgerüstet die Behauptungen auftreten, um so unzuverlässlicher sind sie deswegen, weil das Thema vorläufig einer rechnerischen Behandlung gar nicht fähig ist und durch die Einführung von Zahlengrössen in eine Zwangsjacke gesteckt wird. Je kritischer man jeder Spur, die auf eine Lösung dieses interessanten Problems hindeutet, gegenüber tritt, um so besser.

Bei der Schilderung der Tertiärzeit ist erörtert worden, dass vom Oligocän an bis zum Pliocän der Character der Vegetation sich allmählich ändert und aus der Flora der nördlichen Gebiete allmählich alle jene Elemente entfernt werden, die man nach Analogie des Vorkommens ihrer lebenden Verwandten als Bewohner tropischer und subtropischer Klimata auffasst. Die Zersplitterung mancher, geologisch junger Pflanzengattungen in Arten, die, obwohl eng verwandt, sehr verschiedene Florengebiete bewohnen, lehrt, dass ein Theil dieses Vorganges auf einer aus sich selbst heraus wirkenden

Differenzirung beruht. Dennoch lässt sich nicht verkennen, dass bestimmte Gruppen in grossen Frontlinien vom Pol zurückweichen, als ob sich dort ein Kältecentrum gebildet habe, das mit ihrem Gedeihen unverträglich sei. Deutlich tritt das erst in den jüngsten Zeiten des Tertiärs hervor, und die Schnelligkeit des Vorganges gegenüber der Ruhe der Vegetation in viel längeren früheren Perioden ist ein gewichtiger Einwurf allen Theorien gegenüber, die hier die Einwirkung einer continuirlich die Erdgeschichte durchziehenden Wärmeabnahme, liege sie in einer Abkühlung der Erde selbst oder in einer Abnahme der Wärmezufuhr von der Sonne, zu erkennen glauben. Es ist oben ausgeführt, welche übertriebenen Hitzezustände wir für die älteren Erdperioden voraussetzen müssten, führten wir die Gradienten der Temperaturabnahme, die Heer zwischen Miocän, Pliocän und Gegenwart berechnet, als Theile einer constanten Scala ein. Ist doch auch thatsächlich die Wärme in den von der Eiszeit heimgesuchten Gegenden wieder gestiegen.

Dennoch ist zuzugeben, dass die Eiszeit schon in das Pliocän ihre Schatten vorauswirft. In England sind Meeresablagerungen aus jener Zeit erhalten, die, wie Lyell nachwies, je jünger sie sind, um so mehr arctische Arten lebender Muscheln enthalten. Ein Menschenalter ist verflossen, seit Lyell jene Daten gab, und die Durchforschung jener Schichten hat die Zahl ihrer Versteinerungen sehr gesteigert. Dennoch ist das Resultat, das Lyell in folgenden Worten summirt, nicht geändert, wenn auch die Zahlen durch andere ersetzt werden mussten. „Man sieht, dass im Coralline Crag 27 südliche Muscheln enthalten sind, von denen 26 Arten dem mittelländischen Meere und 1 (Erato Mangereae) Westindien angehört. Von diesen finden wir im Red Crag nur 13, nebst 3 neuen südlichen Arten, während im Norwich Crag gar keine vorhanden sind. Andererseits enthält der Coralline Crag nur 2 arctische Muscheln, Admete viridula und Limopsis pygmaea während der Red Crag 8 nördliche Arten enthält, die alle im Norwich Crag von neuem auftreten, nebst 4 anderen, die ebenfalls die arctische Zone bewohnen; dies sind genügende Beispiele für die fortgesetzte Abkühlung des britischen Klimas während der pliocänen Periode.“ In den jüngsten marinen Ablagerungen fehlen auch sehr viele Muscheln, die gegenwärtig an den englischen Küsten wie zur Zeit des Coralline und Red Crag leben. Sie wanderten aus den abgekühlten Gewässern aus und hielten sich während der Zeit der Vereisung im Mittelmeere auf, wie die Versteinerungen der jungpliocänen Schichten Siciliens, Italiens und mancher Inseln lehren.

In Norddeutschland ist an einigen Punkten besonders durch die Be-

mühungen von Keilhack eine Flora nachgewiesen, die allgemein als präglacial bezeichnet wird, obwohl der Ausdruck eines Zusatzes bedarf. Allerdings lagern die Schichten unter dem unteren Geschiebemergel, also unter der Grundmoräne des ersten Eises, aber doch über Sanden, die ihrem Materiale nach nur als Schlemmproducte der nordischen Moräne gedeutet werden können. Es sind meist milde Kalke, wie sie sich in Seebecken der Schweiz fortwährend bilden, und wir müssen uns vorstellen, dass die vor dem Rande des Inlandeises gelegene und von den Gletscherflüssen mit Sanden überschüttete Fläche hier und dort vom Walde wieder überzogen wurde und dass besonders an den Ufern der kleinen Seen, die sich in den Senken des Terrains gebildet hatten, eine reichliche Vegetation aufsprosste, die einen nichts weniger als arctischen Character zeigte. Eiche, Kastanie, Birke, Pappel, Ahorn, Weissbuche, Linde, Myrica, Cornelkirsche, Stechpalme, Erle, Weide, Kiefer, Heidelbeere und Wasserhelm sind sicher erkannt, und das Vorkommen von Kastanie, Linde, Acer platanoides weisen auf weiche Winter hin. Edelwild und Damwild, Rehe und Wildstier durchstreiften die Wälder, Karpfen, Barsch und Hecht tummelten sich in den Fluthen der Seen, die von denselben Muscheln wie in der Gegenwart bewohnt wurden. Obwohl der Eisrand nicht weit entfernt gelegen haben kann (denn ein weiter Transport der Sande in nordsüdlicher Richtung ist bei den Terrainverhältnissen Nord-Deutschlands nicht anzunehmen), sehen wir die Flora und Fauna noch wenig gestört. Es ist zu bemerken, dass viele der im Pliocän noch heimischen Pflanzen Mitteleuropas sich in dieser Flora nicht mehr finden, aber ein genauer Vergleich ist nicht möglich, da gerade in der Provinz Sachsen, in der Mark und der Lüneburger Haide pliocäne Ablagerungen unbekannt sind. An diesen Veränderungen mag eine Temperaturabnahme schuld sein, die aber nicht zu hoch angeschlagen werden darf. Erst im Gefolge der Vereisung entwickelte sich jenes verderbliche Klima, welches alles Lebende weit nach Süden scheuchte; manche Bewohner unserer Gegenden in präglacialer Zeit sind dann erst sehr spät wieder hier heimisch geworden, so das Damwild, der Karpfen, die Süsswasser-Miesmuschel Dreissensia polymorpha, während andere sich noch nicht wieder eingestellt haben oder, wie die Paludina diluviana, erst in der Rückwanderung begriffen zu sein scheinen.

In keiner präglacialen Ablagerung Deutschlands sind Spuren jener arctischen Zwergflora gefunden, die gegenwärtig die nordischen Breiten und die Spitzen unserer Berge bewohnt und, wie Nathorst nachgewiesen hat, zur Postglacialzeit in der ganzen Umgebung der heutigen Ostsee, des damaligen Eisrandes, sich ausgebreitet hatte. Die erste Vereisung hat sie nicht

mitgebracht und hätte sie doch vor sich herschieben müssen, wenn sie im Norden Skandinaviens heimisch gewesen wäre; es scheint, dass diese kleinen Birken, Weiden u. s. w. erst einwanderten, als die Temperatur in der Nähe des Inlandeises sich abkühlte und die Luft trockner wurde. Sie mag aus den Tundren Russlands stammen und ist später dem schmelzenden Eise sowohl nach Norden wie auf die Berge im Süden gefolgt.

Um zu unserem Ausgangspunkte zurückzukehren, so ergab sich aus der Betrachtung der letzten Pliocänzeit eine wenn auch vielleicht geringe Temperaturabnahme, die zur Eiszeit hinüber zu leiten scheint. Das Sinken der Temperatur während der Eiszeit selbst ist eine Sache für sich, die keiner Erklärung bedarf. Gewiss ist, dass auch jene erste Kältequelle wieder verringert ist, so dass das Eis auf den Nordpol beschränkt wurde. Selbst während der Eiszeit trat eine klimatische Schwankung ein, die zu dem Zurückzuge des Eises in der Interglacialzeit führte, aber wieder paralysirt wurde. Dennoch konnte in dieser Zeit die alte Vegetation stellenweise noch einmal Fuss fassen, während die alte Thierwelt sich nicht wieder einstellte. Mammuth, Nashorn, Riesenhirsch, Rennthier, Moschusochse und Polarfuchs erschienen, die Herolde jener Epoche.

Aus dem Rückzuge des Eises sieht man, dass die causa movens der Erscheinung zunächst im Norden zu suchen ist und nicht unmittelbar aus den physikalischen Bedingungen des damaligen Mitteleuropas erklärt werden kann, obwohl auch für diese ganz bestimmte Voraussetzungen sich ergeben. Die natürlichen Herde der Vereisung sind das arctische Höhengebiet und die alpinen Ketten; dort herrschen auch jetzt die zur Bildung von Gletschern nöthigen Temperaturen. Es bedarf nur der reichlichen Speisung, so häufen sich die Firnmassen an, von deren Druck die Ausbreitung des Eises jedenfalls eingeleitet wird, wenn auch schliesslich auf geneigten Ebenen die Eismassen sich selbst drängen und schieben. Eine reiche Speisung der grossartigen Eismaschine wird gewährleistet durch die Zufuhr feucht warmer Luft, die hier abgekühlt und ihres Wassergehaltes beraubt wird. Heute genügt sie nur zur Bildung localer Gletscher; in Grönland verharrt ein Rest des alten Inlandeises, in dem eine partielle Bewegung herrscht. Die arctischen Gebiete sind im Allgemeinen trocken.

Die Vertheilung des Wasserdampfes in der Atmosphäre hängt in letzter Linie von dem Verhältnisse zwischen Meer und Festland, eine Aenderung von geologischen Verschiebungen ab. Vielleicht wären wir schon in der Lage, eine präcise Antwort auf die Frage nach der Ursache der Eiszeit zu geben, wüssten wir genau, welche geologischen Ereignisse sich während der

Tertiärzeit und am Schlusse der Eiszeit vollzogen. Die Wechselbeziehung zu dem Anschwellen und Vergehen des grossartigen Phänomens wird sich dann erkennen lassen.

Die grösste Veränderung in der Vertheilung von Land und Wasser betrifft im Tertiär den riesigen asiatischen Continent, aus dem sich sowohl die transuralischen Ausläufer des nördlichen Meeres, wie das grosse Mittelmeer zurückziehen. In Nordamerika vollendet sich die seit der Kreidezeit eingeleitete Drainirung des Innern. Beide Ereignisse bedingten die Ausbildung excessiver Klimata, und diese wiederum, besonders die aus den Hochebenen Asiens hervorbrechenden Winde lieferten den arctischen Gegenden die nöthigen Kältegrade, um die mit Feuchtigkeit beladene Luft zu reichlichen Niederschlägen zu veranlassen. Der Pflanzenwuchs im Gebiete der Arctis während der ganzen Tertiärzeit lehrt, dass an Feuchtigkeit kein Mangel war, dass es dagegen an Kälte fehlte, diese Luftfeuchtigkeit in Schnee umzusetzen. Sibirien selbst, welches von den kalten Winden weithin überstrichen wurde, hat verhältnissmässig wenig Inlandeis erzeugt, weil hier das continentale Klima zuerst Fuss fasste. Auch befand sich ein Theil in Senkung, so dass das Eismeer grosse Strecken überschwemmen konnte.

Nehmen wir nun an, dass die Zufuhr von feuchter Luft nachlässt, so wird im Norden die Aufhäufung von Schnee und Firn sistirt und der treibende Druck vermindert, während im Süden die durch die Eismassen selbst hervorgerufene trockene Luft beständig am Eisrande zehrt und ihn nach Norden treibt. Nunmehr entsteht das Steppenklima, als Nachklang der eigentlichen Eiszeit, und erst allmählich stellt sich der frühere präglaciale Zustand wieder her. Die parallelen geologischen Ereignisse sind die Zerstörung der Brücken zwischen Asien und Nordamerika, die Isolirung Grönlands und die Eröffnung der Strasse zwischen Skandinavien und Island. Das Eismeer geräth in Verbindung mit den grossen Oceanen und warme Oberflächenströme erhalten Zutritt. Auch die von G. De Geer in neuerer Zeit vielfach behandelten Schwankungen Skandinaviens müssen in Betracht gezogen werden, da besonders die grosse spätglaciale Senkung den nach Süden treibenden Druck der Eismassen fast auf Null reduciren musste. Ein organischer Zusammenhang ist bislang in alle diese Erscheinungen nicht zu bringen; dennoch dürfte man auf diesem Wege der Lösung des Problems näher kommen, als durch Speculationen über allgemein wirkende, kosmische oder tellurische Ursachen.

Dreizehntes Capitel.

Die Thierwelt des Quartärs.

Wollen wir das Thierleben, besonders das der höchsten Classen, in seiner ganzen nachtertiären Entwickelung richtig beurtheilen, so müssen wir die aus der Betrachtung der Eiszeit erhaltenen Bilder zunächst bei Seite legen. Owen sprach das Gesetz aus, dass die Vertheilung der Organismen in der Gegenwart in ihren Grundzügen auf die der Entstehung der lebenden Arten vorhergehenden Perioden zurückzuführen ist. Wir finden es um so strenger gehalten, je weniger die Länder an den klimatischen Schwankungen, die unsere Eiszeit herbeiführten, betheiligt waren, aber selbst bei uns, trotz der grossartigen Wandelungen der Eiszeit, hat sich ein faunistisches Gleichgewicht wiederhergestellt, in dem die Grundzüge der pliocänen Fauna nicht zu verkennen sind. Das gilt für das Meer wie für das Land, für wirbellose und Wirbelthiere, obwohl die landbewohnenden Säugethiere zur Illustration am geeignetsten sind.

Werfen wir zuerst einen Blick auf Südamerika. Die Ablagerungen wirklich quartären Alters, die man in den Pampas kennt, sind ihrem Vorkommen nach ziemlich beschränkt gegenüber der colossalen Verbreitung der tertiären Pampasschichten. Flache Einsenkungen des Bodens sind hier und da mit den Absätzen eines Süsswassersees ausgefüllt, welche auch die Reste der quartären Vierfüssler, die wohl zur Tränke hierherkamen, einschliessen. Von den 36 Gattungen, die man wiedererkannt hat, leben noch 27 in denselben Gegenden; 9 Gattungen sind seit jener Zeit ausgestorben, unter ihnen das Pferd, das erst spät wieder von den Europäern eingeführt ist. In rapidem Niedergange sind die grossen Edentaten, von denen nur noch Megatherium und vielleicht Mylodon in diese Zeit hereinragen, während die unförmlichen Glyptodonten vor den kleineren und in ihren Lebensansprüchen bescheideneren Gürtelthieren vom Schauplatze abgetreten sind. Die Toxodonten sind bis auf eine Art erloschen, die Macrauchcniden sämmtlich, die Lamas, Hirsche und Pferde an Zahl ausserordentlich

herabgemindert. Von Elephanten lebte nur das riesenhafte Mastodon superbus noch.

Die oasenlose Eiswüste der nördlichen Hemisphäre bot wohl keinem Thiere, keiner Pflanze die Mittel zu einem auch noch so anspruchslosen Dasein. Doch schon an den Rändern des Eisgebiets sammelte sich die bedrängte Thierwelt, die vor dem unerbittlichen Feinde keinen Zoll weiter nach Süden wich, als die Anforderungen des Daseins erzwangen. Die Thiere aus den arctischen Gebieten Sibiriens und Grönlands mischten sich in Mitteleuropa mit dem widerstandsfähigen Reste der pliocänen Autochthonen; dasselbe Eis, das ihnen im Norden einen Theil ihrer Weideplätze raubte, schuf ihnen den Pfad nach den südlicheren Ländern, und in Schaaren tauchten die fremden Gäste bei uns auf, die vorher die Tundren und Flussniederungen des asiatischen Nordens belebt hatten. Die weitverbreiteten Dickhäuter der Pliocänzeit hatten schon lange auf ihren Wanderzügen auch jene verhältnissmässig unwirthlichen, aber auch wenig umstrittenen Gebiete erreicht und durch einige Abänderungen sich dort acclimatisirt. Als das Klima der Eiszeit sich in Mitteleuropa fühlbar machte, wichen die empfindlicheren Arten der Elephanten und Nashörner nach Süden zurück oder starben aus, während ihre Verwandten aus dem Norden, das behaarte Mammuth und das diluviale Nashorn sich an ihrer Stelle einnisteten. Das geschah, allem Anschein nach, nicht schon im Anfange der Eiszeit; unter der ersten Grundmoräne sind keine Reste von Mammuth, Rhinoceros tichorhinus oder Moschusochsen gefunden, Grund genug, anzunehmen, dass sie sich mehr von Westen, besonders aber von Osten allmählich am Rande des Eises entlang zogen, als direct aus dem Norden zu uns getrieben wurden. Zur Interglacialzeit, als das Eis vorübergehend den Boden Deutschlands und der angrenzenden Länder freigab, waren sie aber schon überall hier heimisch und folgten nun auch dem Eisrande wieder nach Norden hinauf. Die Flüsse, welche aus jenem hervorbrachen und die ebenen Flächenmoränen mit Kies und Sand überschütteten, spülten die verwesenden Cadaver zusammen, und die Kiesbank an der Basis der interglacialen Sande, die in der Umgebung Berlins durch zahlreiche Gruben ausgebeutet werden, ist die Hauptfundstelle für diese wichtige Fauna. Sie beschränkte sich übrigens nicht auf das dem Eise nächstbenachbarte Gebiet, sondern verbreitete sich, mit Vorliebe den Flussthälern nachgehend, weithin in das Innere.

Die wichtigsten Vertreter sind das Mammuth, das behaarte Nashorn, der Riesenhirsch, das Rennthier (und zwar in Norddeutschland die kleinere, heute Grönland bewohnende Rasse), Wildstier, Moschusochse, Wildpferd (in

zwei Rassen) — dazu Bären, Wölfe und Polarfuchs. Die meisten dieser Thiere haben sich wenig oder gar nicht verändert bis in die Gegenwart erhalten, wenn auch das Verbreitungsgebiet wieder wesentlich eingeschränkt ist, und selbst von dem ausgestorbenen Mammuth und Nashorn können wir uns eine sehr genaue Vorstellung machen, da in dem gefrorenen Boden Sibiriens die zu diluvialer Zeit eingebetteten Cadaver sich unverändert erhalten haben. Bis jetzt haben sich nur Mammuth, Nashorn und Wisent in diesem Zustande gefunden, aber es ist anzunehmen, dass auch andere Arten conservirt sind. In jenen menschenleeren Einöden mag mancher Cadaver aus den Uferwänden der Flüsse herausstürzen und aufthauen, ohne dass jemand etwas davon erfährt. Auf die Reste des Mammuths hat die Bevölkerung schon ein wachsameres Auge, weil die Stosszähne von den „Fangmännern" seit langen Zeiten gesammelt werden. Ein herausschmelzendes Mammuth verräth sich schon durch seine Masse auch von weitem, vielleicht noch mehr durch den furchtbaren Gestank, der die hungrigen Hunde anlockt. Dennoch haben selbst die von der Akademie auf die rechtzeitige Anzeige solcher Funde ausgesetzten Preise nicht viel genutzt, und bei der Langsamkeit, mit der solche Nachrichten sich mittheilen, bei der Schwierigkeit und den Gefahren der Reise, bei der Unsicherheit der Ortsbestimmung war meist der kostbare Fund schon der Zerstörung anheimgefallen, wenn die Expedition an die Stelle gelangte. Zuweilen mögen die entwickelten Gase den Körper zersprengt haben, zuweilen mag der Zusammenhang in der Wirbelsäule zerrissen sein, wenn der Kopf mit den enormen Stosszähnen noch im gefrorenen Boden verankert sass, während der Riesenkörper schon aus der Lehmwand herausgethaut war.

K. E. von Baer, dem wir hier folgen, schätzte die Zahl der Individuen, deren Zähne jährlich in den Handel kommen, wohl auf 200. Eine Vorstellung von der grossen Anzahl der gefundenen Thiere erhält man aber erst, wenn man in Betracht zieht, dass nicht allein die Russen, die für das Gewerbe des Elfenbeinsuchens sogar ein eigenes Wort „Promyschlenik" haben, seit mehr als zwei Jahrhunderten das Sammeln betreiben, sondern dass schon Theophrast vom fossilen Elfenbein spricht und dass nach Klaproth in den Schriften der Chinesen schon im 5. Jahrhundert v. Chr. das Mammuth genannt wird. Sibirien hatte, ehe es von den Russen erobert wurde, mehr Verbindung mit Mittelasien und China als mit Europa, und schon in vorchristlicher Zeit ist fossiles Elfenbein in China eingeführt. Die werthvollen Stosszähne des Mammuths finden sich häufig, oder allermeist, isolirt, da der Zusammenhang der Skelette durch die Hochfluthen der Flüsse, welche sie

aus dem Ufer auswaschen, zerrissen ist. Aber selbst das Vorkommen der mit Haut und Haar und Weichtheilen eingefrorenen Cadaver ist altbekannt und geht aus der ursprünglich in Sibirien einheimischen und von chinesischen Schriftstellern wiederholten Sage hervor, dass das Mammuth ein in der Erde wühlendes Thier sei, welches sogleich sterben müsse, wenn es an das Tageslicht kommt.

Ist die Erklärung, die von Baer von dem Namen des Thieres giebt, die richtige, so spiegelt sich die Sage auch in ihm wieder. Jetzt wird es von den Russen allgemein Mamont genannt, allein die frühere Benennung scheint nach dem Bürgermeister Witsen aus Amsterdam, der im 17. Jahrhundert in Moskau war und Nachrichten über das Land sammelte, Mammuth (Mammout) gewesen zu sein. Ma heisst in vielen finnischen Sprachen die Erde, mut im Esthnischen der Maulwurf. Es wäre allerdings nachzuweisen, dass das Wort mut auch in den ostfinnischen Sprachen vorkommt.

Der berühmteste Fund, der je gemacht ist, war das von dem Botaniker Adams wenigstens zum Theil gerettete Thier; dennoch ist auch hier von den Weichtheilen vieles verloren. Eine im Schneegestöber an Ort und Stelle gefertigte Skizze ist so roh, dass selbst die von dem „Apelles der Höhlen von Perigord" auf Elfenbein eingeritzten Umrisse, das älteste Denkmal erwachenden Kunsttriebes, naturgetreuer und anatomisch richtiger sind. Die Hauptmerkmale des riesenhaften Elephanten sind die colossalen, nach oben und aussen gekrümmten Stosszähne, die starke Behaarung und der auffallend kurze Schwanz.

Der stetige Begleiter des Mammuths ist das Rhinoceros tichorhinus, dessen verknöcherte Nasenscheidewand eine feste Stütze abgab für ein stark entwickeltes Horn (Fig. 115). Mit Sicherheit kennt man die zu diesem Thiere gehörenden Hörner nicht, da selbst der am Wilui gefundenen Leiche von vorüberziehenden Sibiriaken nicht allein die Lippen und Ohren, sondern auch die Hörner abgenommen waren. Vereinzelte Nasenhörner (bis zu 3 Fuss lang) sind in ziemlicher Anzahl gefunden; die Bewohner Sibiriens verwenden sie zu allerlei Geräthen, selbst zu Schlittenkufen. Es war behaart wie das Mammuth, ein sicheres Zeichen, dass es gewohnt war, einem kalten Klima zu trotzen. In den Höhlungen seiner Zähne hat man Reste einer letzten Mahlzeit gefunden und nachgewiesen, dass sie aus Nadelhölzern, Weiden und Birken bestand, die noch jetzt selbst im Norden Sibiriens vorkommen. Hier, wo seine Leichen einfroren und sich erhielten, war auch die Heimath der Art, ihr Entstehungscentrum, aber eine grosse Anpassungsfähigkeit führte sie weit nach Westen und Süden, sodass sie in sehr ver-

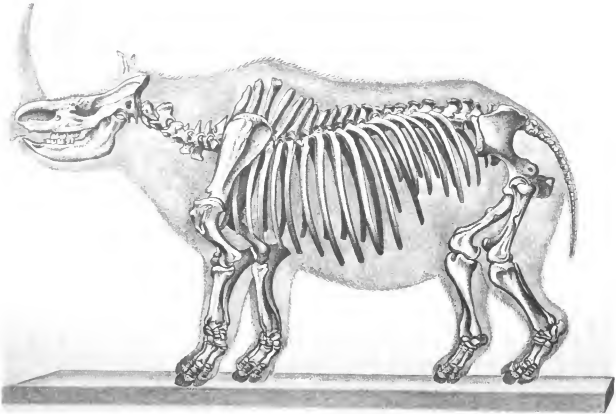


Fig. 115. Rhinoceros tichorhinus Bl. Reconstruction nach Brandt.

schiedener Thiergesellschaft gefunden wird. Interessant ist, wie die Existenz der asiatischen Urthiere noch in die Sagen der gegenwärtigen Bewohner Sibiriens hineinklingt.

Radloff theilt ein Volkslied der südsibirischen Tataren mit, das von einem grossen, schwarzen, einhörnigen Stier erzählt, der mit der Lanze erlegt wurde. Seine Trittspur bedeckte einen Arschin Filz, sein Horn war so gross, dass es auf einem Schlitten transportirt werden musste. Die Jukagiren halten die Schädel für die von Vögeln[1]), die Hörner für Krallen; die riesenhaften Vögel ihrer Sagen, zu deren Bekämpfung die Vorfahren auszogen, dürften vermuthlich auf die wilden und bösartigen Nashörner gedeutet werden. I. F. Brandt und Gotth. Fischer machen es selbst wahrscheinlich, dass dem fabelhaften γρύψ eine entstellte, bis zu den Griechen gedrungene, sehr alte Sage von Nashörnern zu Grunde liegt. Man versetzte den γρύψ in die rhipäischen Gebirge, „also nach dem Ural, als von den Arimaspen verfolgten Wächter des dort liegenden Goldes, bei dessen Gewinnung noch jetzt, nicht gerade selten, die von manchen Völkern Sibiriens für Vogelreste erklärten Schädel und Hörner von Nashörnern zu Tage gefördert werden."

Es scheint aber, dass der mythische einhörnige Stier, der auch im deutschen Einhorn einen Verwandten besitzt, besser auf ein anderes russisches Diluvialthier zu beziehen ist, nämlich auf das Elasmotherium. Dieses gewaltige Thier, welches den Nashörnern im zoologischen System eng anzureihen ist, war um ein Beträchtliches grösser, wahrscheinlich ebenfalls behaart, besass eine der Rüsselform sich nähernde Oberlippe, und trug, wie die rauhen Ansätze lehren, ein gigantisches Horn auf dem Stirnbein, dagegen nur ein kleines auf den Nasenbeinen. Reste sind in Sibirien und in der Kirgisensteppe, besonders aber in der Südhälfte des Wolgabeckens gefunden (hier zusammen mit Mammuth und Bison priscus, dem Urstier).

Nächst den aufgeführten Dickhäutern (denen sich im mittleren Deutschland noch eine zweite Art Nashorn, Rhinoceros Merckii anschliesst) erweckt die Gestalt des Cervus euryceros unser Interesse. Abbildungen dieses königlichen Thieres sind so verbreitet, dass eine eingehende Schilderung überflüssig ist. An Grösse des eigentlichen Körpers steht er dem Edelhirsch näher als dem Elenthier, aber die Schaufelbildung der Geweihe erinnert mehr

1) Eine Deutung, die mir auch in den Kiesgruben von Rixdorf, aus denen ich im Jahre 1889 einen vollständigen Rhinoceros-Schädel für das Museum für Naturkunde abzuholen hatte, von einem gebildeten Laien, der offenbar von den Jukagiren nichts wusste, allen Ernstes vorgetragen wurde.

an diesen, nur dass ihre ungeheuere Grösse (die äussersten Spitzen spannen zuweilen 12 Fuss) auch nicht entfernt vom Elch erreicht wird.

Die schönsten Exemplare, tadellos vollständige Skelette, kommen aus den irländischen Torfmooren, wohl meist aus einer etwas tiefer liegenden Schicht von Süsswasser-Mergel. Die Knochen sind so häufig, dass man nach Hart in der Grafschaft Antrim daraus einen Knochenstoss zu einem Freudenfeuer wegen der Schlacht von Waterloo errichtete. In Deutschland sind die viel spärlicheren Funde meist in der erwähnten interglacialen Kiesbank gemacht, doch lebte der Riesenhirsch auch in den Flussthälern bis zu den Alpen hin. Das Geweih hinderte ihn, die geschlossenen Urwälder zu bewohnen; wie in Irland die Bruchgegenden, so waren bei uns die weiten Flächen zwischen dem Rande des abschmelzenden Eises und dem Mittelgebirge sein Hauptturmmelplatz. Gegen Raubthiere war das Geweih eine furchtbare Waffe, deren Grösse auch die entferntesten Theile des Körpers zu decken gestattete. Die Ansätze der Muskeln an den Halswirbeln lassen auf enorme Kraft und Schnelligkeit der Bewegung schliessen. Es ist viel darüber gestritten, in welche Zeit das Erlöschen des prächtigen Thieres gefallen sei, und selbst die Ansicht, dass er noch zu historischen Zeiten in Deutschland, besonders in den preussischen Wäldern gelebt habe, dass er der „grimme Schelch" des Nibelungenliedes sei, fand beredte, aber nicht sehr zuverlässige Vertheidiger.

Sebastian Münster, dessen Kosmographie als Beweismittel verwerthet wurde, spricht nur vom Damthier und vom Elen, und auch die rohen Abbildungen lassen keine andere Deutung zu, wie P. Merian kurz und bündig nachwies. Alles, auch die Identificirung mit dem Cervus palmatus der Römer, dessen ungeheuere Geweihe man am Eingange der Ambrosianischen Burg bewunderte, ist Conjectur; sicher ist nur, dass der Riesenhirsch vom diluvialen Menschen gejagt wurde. Geweihstangen mit Spuren roher Bearbeitung sind mehrfach gefunden. Ferner ist eine durchbohrte Rippe beschrieben, welche durch einen unregelmässig verbreiterten Callus wieder etwas ausgeheilt ist; der Rand der Oeffnung ist von aussen eingedrückt, von innen erhöht. Zunehmende Dichtigkeit der Bewaldung drängte nach der Eiszeit den Riesenhirsch aus Deutschland hinaus; auf den ausgedehnten Hochmooren Irlands mag er seine Existenz noch lange gefristet haben.

Auch das Wildpferd verschwand in nachdiluvialer Zeit aus Deutschland, als ihm die Weideflächen mehr und mehr eingeengt wurden. Nach Nehring's sorgfältigen Untersuchungen stehen die norddeutschen Diluvialpferde den schweren, sogen. occidentalen oder kaltblütigen Rassen so nahe,

dass man unbedenklich den engsten Zusammenhang beider annehmen darf. Die Domestication, welche an sich längere Zeiträume voraussetzt, muss weit in die prähistorische Zeit hinabreichen. „Dass die eigentliche Pferdezucht in Asien älteren Datums ist als in Europa, lässt sich kaum bezweifeln, ebenso dass unser Erdtheil viele Pferde aus Asien durch wandernde Völker, sowie durch den Handelsverkehr erhalten hat; aber es lässt sich andererseits auch nicht verkennen, dass gewisse Pferderassen in Europa selbst ihre Heimath haben.“ Stimmte nun der Schädel eines Diluvialpferdes aus dem Löss, welcher am Unkelstein bei Remagen neben Elephas primigenius, Rhinoceros tichorhinus, Ovibos moschatus, Cervus maral und Murmelthieren gefunden wurde, mit den schweren, occidentalen Rassen überein, so ergab die Untersuchung eines Pferdes aus der Rennthierstation von Schussenried (südl. Württemberg) das auffallende Resultat, dass hier eine Rasse vorliegt, die noch breitstirniger war als die echten Araber und den zierlichen Gliederbau mit diesen theilte. War man bisher geneigt, alle breitstirnigen Pferde auf den Orient zurückzuführen, so bedarf das jedenfalls der Einschränkung; ein Theil auch der breitstirnigen Rassen wird auf das Schussenrieder Pferd als Stammvater zurückzuführen sein. Die bedeutend jüngeren Funde aus dem Torfmoor von Triehsen (Neu-Vorpommern) lieferten auch die Reste eines Pferdes, das mit dem isländischen Pony fast übereinstimmt. Zahlreiche prähistorische Artefacte, Spuren pfahlbauähnlicher Anlagen lassen keinen Zweifel, dass dies schon eine primitive Rasse ist. Die Anfänge der Domestication sind sehr häufig mit einer Verkümmerung der betreffenden Thiere verbunden.

Es ist wohl anzunehmen, dass wenigstens für Deutschland die eigentliche Züchtung des Pferdes in spätere Zeiten fällt als die des Rindes. Die Beschaffenheit des Landes liess die Ausnutzung der gewaltigeren, wenn auch schwerfälligen Kraft des Rindes wünschenswerth erscheinen; das Einspannen zur Bewegung von Lasten, zum Schleifen von Baumstämmen u. a. führte zur Hegung, diese zu der hohen Schätzung der Nahrungsquelle, welche jetzt erst recht zugänglich wurde.

Zwei Wildstiere sind schon aus diluvialen Schichten bekannt, Bison priscus, der ausgestorbene Wisent, und Bos primigenius, der Auerochs. Die einander widersprechenden Nachrichten älterer Schriftsteller über die wilden Stiere der germanischen Wälder haben zu einer Kette von Verwechselungen Anlass gegeben, die sich auch in der heutigen Literatur störend bemerklich machen. Es kommt dazu, dass zwar die Schädel und Hörner beider Arten leicht zu unterscheiden, dagegen die übrigen Skeletttheile einander ausser-

ordentlich ähnlich gebaut sind, sodass, da keine monographischen Bearbeitungen der ganzen Skelette vorliegen, Anthropologen, Geologen und Palaeontologen vielfach demselben Fehler verfallen sind, eine Bestimmung nach Gutdünken in die wissenschaftlichen Berichte als gesichertes Ergebniss, ohne Angabe der vorhandenen Reste, aufzunehmen. Soviel ist sicher, dass die ältere Diluvialzeit des Nordens nur den Bison kennt. Noch niemals ist in dem präglacialen Forest bed eine Spur des Bos primigenius gefunden, niemals ein bestimmbares Schädelfragment in den diluvialen Sanden von Rixdorf, obwohl Bison priscus dort in vorzüglicher Erhaltung vorkommt, ebenso wie in den altdiluvialen Sanden von Mosbach.

Selbst bei den in Höhlen gemachten Funden ist auffallend, dass so selten Reste von Bos primigenius in den tieferen Schichten gefunden werden, während Bison priscus ein Gegenstand der Jagd für Mensch und diluviale Raubthiere (Felis spelaea, Ursus spelaeus) war und seine Knochen häufig mit anderen gemischt vorkommen (z. B. Höhle von Montgaudier). So unzweifelhaft beide eine Zeit lang neben einander gelebt haben, so ist doch anzunehmen, dass Bison priscus früher vorhanden war und schliesslich vom Bos primigenius verdrängt oder ersetzt wurde. Das gilt aber nur für unsere Gegenden, denn im Süden Europas war Bos primigenius ein uralter Bewohner der Wälder. In den Hügeln Roms liegen Reste des Bos primigenius mit solchen von Elephas meridionalis und antiquus, mit Rhinoceros etruscus und megarhinus zusammen, mit Elephas antiquus und Cervus megaceros in den Sanden des Casentino, und hier überall fehlt Bison priscus.

War der Auerochs ursprünglich ein Bewohner der wärmeren Gegenden Europas, so ist es ganz erklärlich, dass er sich dem Norden während der grossen Vereisung im wesentlichen fernhielt, dagegen sofort nachrückte, als die alte Walddecke sich wieder einstellte. Der Bison verschwand, der Auerochs nahm an Zahl zu und bildete Rassen unter dem Einflusse des Menschen, erhielt sich aber auch noch rein in den Wäldern bis in das Mittelalter. In der neolithischen Zeit wurde der Nachkomme des diluvialen Wisent, der Bison europaeus, wieder eingeführt, der lange verwildert in den Wäldern hauste, jetzt aber (abgesehen vom Kaukasus) bis auf wenige Reste wieder ausgestorben ist, die in Bialowiecza gehegt werden. Er eignete sich schlecht zur Domestication, und der Mensch gab die Versuche bald wieder auf, da der Auerochs viel leichter zu behandeln war. Bei dem amerikanischen Büffel, der nicht wesentlich verschieden von der europäischen Form ist, waren alle Züchtungsversuche vergeblich, doch hat man auch wohl schwer-

lich viel Mühe darauf verwendet. Weder die Ureinwohner Nordamerikas noch ihre Unterjocher hatten dazu Geschick und Neigung.

Obwohl der Fund eines pliocänen Bison priscus zu Giurgewo in Rumänien, zusammen mit Elephas meridionalis, Mastodon arvernensis, Rhinoceros etruscus und leptorhinus, wenn er sich bestätigt, das Vorhandensein dieses Wildstiers für Europa schon im Tertiär beweist, so liegt hier doch nicht das Ursprungsgebiet der Art. Die Entwickelungs- und Niedergangsgeschichte der Bisonten durchläuft sehr merkwürdige Phasen und ist ein Beispiel, wie verwickelt die Geschichte der Wanderungen der Säugethiere ist und wie mühsam ihre Entzifferung sein wird.

In den pliocänen Schichten der Siwalik Hills, einer Vorkette des Himalaya, finden sich mehrere Boviden, unter ihnen auch ein Bison sivalensis, von dem man sowohl den Bison priscus wie den gebirgsbewohnenden Yak ableiten kann. Ein Beweis ist noch nicht zu führen und durch das Vorkommen des echten Bison priscus in nur wenig jüngeren Schichten Rumäniens erschwert, aber gerade der Umstand, dass Bison sivalensis vom diluvialen Wisent noch deutlich verschieden ist, während der tertiäre Bison priscus Europas schon mit diesem übereinstimmt, erhöht die Wahrscheinlichkeit obiger Annahme. Zähne einer Bisontenart brachte auch F. von Richthofen aus China mit. Sie entstammen den Knochenhöhlen von Yünnan, welche wunderbare Schätze an ausgestorbenen Säugethieren bergen müssen. Man durchplündert sie und bricht nur die Zähne aus, welche in grossen Massen den Yangtsekiang hinab verfrachtet werden, um in den Apotheken der grossen Städte, besonders in Shanghai, zur Bereitung von Zahnpulver oder zu naiv- oder mystisch-ärztlichen Zwecken zu dienen. Vor einigen Jahren wies ich nach, dass auch diese Fauna in ihrer Gesammtheit sich an die sivalische anschliesst, also pliocän ist. Sie erstreckte sich bis auf die Sundainseln, damals mit Asien verbunden, und wiederum hinauf bis Japan, wo dieselben eigenartigen Elephanten, die Stegodonten, gefunden sind, wie in den Siwalik Hills, im Punjab und auf Borneo und Sumatra. Aus Japan ist durch Brauns wiederum der Schädel eines Bison priscus beschrieben, dessen urspüngliche Lagerstätte nicht ganz sicher ist. Er wurde an der Küste gedretscht und kann sowohl pliocän wie diluvial sein. Auf jeden Fall bildet dieser Fund ein wichtiges Uebergangsglied zu den Resten aus Sibirien. Der Gedanke liegt nahe, dass die Bisonten aus der indosinesischen oder sivalischen Provinz in die höheren Breiten zogen und über Korea und die Amurgebiete einerseits den Norden Eurasiens, andererseits Amerikas bevölkerten. Die Wanderung ist über Korea zu verlegen, weil die Tsugarustrasse uralt

zu sein scheint und in der Flora und Fauna Japans einen scharfen Schnitt bedeutet.

Die amerikanische Art, Bison americanus, mit welcher der Büffel der Eschholtzbay, Bison crassicornis, ident ist, wird durch den diluvialen Bison latifrons, zu dem Bison antiquus als Weibchen gehört, eng mit Bison priscus des palaearctischen Eurasiens verbunden. Auf der Scheide der beiden Continente erfolgte die Trennung der Stammform in zwei Gruppen, die allmählich zu geographischen Varietäten sich herausbildeten. Durch Sibirien zogen die Büffel nach dem europäischen Russland und nach Mitteleuropa, wo sie jedenfalls schon vor der grossen Vereisung zu Hause waren, wie die Funde im Forest bed Englands lehren. Bedeutet der Fund von Giurgewo nicht eine zweite unabhängige Wanderung der Bisonten durch die mediterranen Gegenden, so beweist er, dass die Umwanderung der asiatischen Masse schon zur Pliocänzeit vollendet war. Pliocäne Ablagerungen sind im Norden selten, noch seltener solche, in denen Knochen grösserer Säugethiere zusammengeschwemmt sind. Der Bison tritt daher in den meisten Gegenden scheinbar erst im Diluvium auf, während er wahrscheinlich schon lange ein Bewohner der palaearctischen Region war. Ein seltenes Zusammentreffen günstiger Umstände gehört dazu, die Reste landbewohnender Thiere vor Zerstörung zu schützen.

Die Einbettung der Reste von Mammuth, Rhinoceros, Büffeln, Moschusochs, Pferden, Rennthieren und Riesenhirschen in ein und dieselbe Bank der interglacialen Sande, ihre regelmässige Vergesellschaftung lassen keinen Zweifel zu, dass die dem Eise südwärts vorgelagerten Gebiete thatsächlich von diesen Thieren bewohnt wurden. Die Unterschiede dieser Gegenden von dem mitteldeutschen Gebirgslande verhinderten aber nicht, dass sie auch hier eindrangen, ja gegen Ende der Glacialzeit war das Mammuth selbst in den Voralpen zu Hause. Vom Moschusochsen, der als ein extrem arctisches Thier angesehen wird, sind Reste nicht nur bei Berlin, sondern auch bei Jena, Merseburg, Remagen, Moselweiss, Vallendaar (a. Rhein), Hameln, Dömitz a. der Elbe, Langenbrunn a. der Donau, in Schlesien, ja selbst in einer Höhle bei Jičin in Böhmen gefunden. Auch hier überall muss die Bewaldung nachgelassen und zeitweilig selbst ein mehr arctisches Klima geherrscht haben. Das beweisen speciell auch die vielfach entdeckten Reste des Halsbandlemmings, der ausschliesslich jenseits der Waldregion lebt, selbst in den Tundren noch die höher gelegenen Partien bevorzugt und nicht über den Polarkreis nach Süden herabgeht. Es ist sehr wahrscheinlich, dass wir in den interglacialen Kiesen und Sanden die Reste der kleineren, aber besonders bezeichnenden

arctischen Thiere nur deswegen nicht finden, weil sie zerrieben sind. Auch in den groben Flusskiesen der mitteldeutschen Thäler dürfen wir ihre zerbrechlichen Knochen nicht erwarten. Dagegen bildeten sich andere Ablagerungen, die für die Conservirung auch sehr feiner Reste geeignet waren, das sind die Lössanhäufungen an den Lehnen der Berge oder in Spalten und Vertiefungen, selbst in den Höhlen der Felsen. Löss wird im Rheinthal ein stark kalkhaltiger, sehr feinkörniger Lehm genannt, der ungeschichtet ist, in senkrechten Wänden abstürzt und von den Wasseradern leicht zerschnitten wird. Der Kalkgehalt bedingt die häufige Bildung von Concretionen, die wegen ihrer bizarren Formen Lösspuppen, Lösskindel genannt wurden. Fast überall finden sich in ihm die Schalen von Landschnecken, unter denen Helix hispida und Pupa muscorum die wichtigsten sind, doch sind auch Süsswasserconchylien nicht grade selten. Man darf aus dem letzteren Umstande nicht ohne weiteres schliessen, dass der Löss im Wasser abgesetzt sei. Die leichten Schalen unserer wasserbewohnenden Limnaeen, die zu tausenden an den Rändern der Teiche und Seen liegen, werden von jedem Windstoss bewegt und können weithin geführt werden. Wie von Richthofen aussprach, wie seitdem in zahlreichen Arbeiten weiter begründet ist, verdanken die Lössanhäufungen ihre Entstehung wesentlich der accumulirenden Thätigkeit des Windes. Es ist richtig, dass die Bezeichnung Löss später auf sehr verschiedene Ablagerungen angewendet ist, welche die Eigenschaften des typischen Löss nicht besitzen. Dennoch muss auch für diese in den allermeisten Fällen die Erklärung durch Thätigkeit des Windes bevorzugt werden, die sich mit der der Atmosphärilien und gelegentlicher Ueberschwemmungen combinirt haben wird. Man wird stets auf grosse Schwierigkeiten stossen, wenn man die Lehmdecken, welche die Plateaus Mitteldeutschlands überziehen, auf den Absatz aus Wasser zurückführen will. Es handelt sich hier um Höhen, die einen See von gewaltiger Ausdehnung voraussetzen würden; wie Absätze aus solchen Gewässern aussehen, kennen wir zur Genüge, und vermissen am Lehm oder Löss ziemlich alle der characteristischen Eigenschaften, besonders auch die Einschlüsse. Wie man sich die Existenz der grossen im Löss so häufigen Vierfüssler, insbesondere auch der Pferde, inmitten so beklemmender Verhältnisse denken soll, unterlasse ich auszumalen. Lyell nahm an der Vorstellung eines grossen Sees ebenfalls Anstoss; er führte dafür die andere ein, dass die Gegenden des Lössabsatzes einer zweimaligen Schwankung ausgesetzt waren. Zuerst senkten sich die Länder im Innern, das Gefälle der Flüsse wurde vermindert, Flussüberschwemmungen traten häufig ein, und erfüllten Haupt- und Seitenthäler bis zu den Höhen

hinauf mit Lehm und Löss; später schlug die Bewegung in das Gegentheil um, und während dieser Hebung wurden die Thäler vom Regen und Flusswasser wieder ausgewaschen, mit Ausnahme einiger noch vorhandenen Lössmassen. Der Mangel deutlicher Thalterrassen spricht nicht zu Gunsten dieser Theorie, die ausserdem das am meisten unstrittene Lössgebiet, welches dem Rande der zweiten Vereisung südwärts und parallel folgt, unerklärt lässt.

Die Ablagerungen in den Höhlen kann man zwar mit den ausgedehnten Lehmflächen der Gehänge und Ebenen nicht unmittelbar vergleichen, aber die Ausfüllungen der weit nach oben geöffneten Spalten der Gypsberge verhelfen zu einem Uebergange. In Höhlen combiniren sich Absätze aus den auf Klüften circulirenden Gewässern mit den von aussen hereindringenden Staubniederschlägen; zuweilen sind nach oben offene Spalten erst später zu einer Höhle geschlossen. In Kalkgebirgen haben sich zu allen Festlandsperioden Spalten und Klüfte gebildet, die auf diese Weise ausgefüllt wurden. Die Bohnerze der rauhen Alp sind in solchen Klüften entstanden, auch die Ablagerungen des Quercy. Es kommt auch vor, dass ältere tertiäre Höhlenschichten durch Veränderung der Wasserläufe angeschnitten werden, wie das bei den in neuerer Zeit vielbesprochenen „Heppenloch" unzweifelhaft der Fall war, sodass diluviale und tertiäre Reste vermengt wurden. Die grosse Masse unserer deutschen und überhaupt der mitteleuropäischen Höhlen ist aber diluvial; es müssen die Bedingungen, welche zur Bildung von Spalten und Klüften, andererseits zu deren Ausfüllung mit staubartigen oder lehmigen Absätzen nöthig sind, in günstigster Weise zusammengetroffen sein.

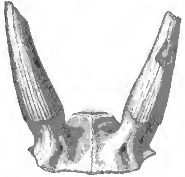
In den süddeutschen Höhlen, welche seit alter Zeit eine grosse und wohlverdiente Berühmtheit geniessen, wird die eigentliche Höhlenfauna von den grossen Raubthieren jener Zeit gebildet. Höhlenlöwe, Höhlenbär und Höhlenhyäne (die von der afrikanischen H. crocuta nicht verschieden zu sein scheint) hausten und starben in solchen Schlupfwinkeln, in denen sich ihre Knochen nebst denen ihrer Opfer nach und nach zu solchen Massen anhäuften, dass der Höhlenlehm oft ganz gespickt mit ihnen ist. Seltener sind auch Reste von Wölfen, Vjelfrass und von Cuon gefunden. Der Höhlenbär ist für die Höhlen Deutschlands gerade so characteristisch, wie die Hyäne für England; es ist nicht auffallend, dass in der Vertheilung dieser grossen Räuber sich eine gewisse Gegensätzlichkeit ausspricht, die indessen Ausnahmen unterliegt. Der Höhlenlöwe ist nirgends gerade häufig, doch fehlt er weder im Norden noch im Süden. Unter den zusammengeschleppten Knochen finden wir alle oben erwähnten Thiere, ausserdem noch Eselsreste, Antilope saiga, Characterthiere der asiatischen Steppen-

landschaft, den Steinbock, der von der Ausdehnung der vergletscherten Gebiete genöthigt wurde, die Höhen der Gebirge zu verlassen, und manche andere.

In den weiter nördlich gelegenen Höhlen des Harzes, des Ithes und benachbarter Höhenzüge enthält der tiefste Theil der Höhlenablagerungen keine Reste von Raubthieren, dagegen eine Menge kleiner Nager, unter denen die arctischen Lemminge besonders hervorzuheben sind; Raubvögel mögen sie hier eingeschleppt haben. Nehring giebt diese tiefste Lemmingschicht auch für die Höhlen bei Neumühle im Ailsbachthale (bayr. Oberfranken) an; erst in den höheren Schichten erscheint Ursus spelaeus, der die noch unter der Einwirkung der Eiszeit stehenden Gegenden vermieden zu haben scheint, und weder in den interglacialen Sanden noch dort gefunden wird, wo Reste von Lemming, Schneehuhn u. a. die Anwesenheit der echt arctischen Fauna verkünden. Mit diesen Faunen verschränkt sich nun noch eine dritte, die Steppenfauna, die in fast ganz Mitteleuropa zu postglacialer (vielleicht auch zu interglacialer) Zeit die vom Eise verlassenen und die südlich anstossenden Gebiete bewohnte und deren Auffindung wir den unermüdlichen Bemühungen Nehring's verdanken. Wie in den Orenburg'schen oder den südlichen sibirischen Steppen setzt sie sich zusammen aus Murmelthieren, Zieseln, Springmäusen, Wühlratten, Lemmingen, Hasen, Pfeifhasen, Antilopen und Pferden, die alle das freie, wenig coupirte Terrain der Steppenlandschaft lieben. Nur müssen wir uns unter dieser nicht etwa eine Wüste vorstellen. Im unmittelbaren Gefolge des abschmelzenden Eises mag sich zuerst die arctische Form der Tundra entwickelt haben, deren kärglichere Vegetation auch mehr der Tummelplatz der nordischen Lemminge und Wühlmäuse, von Rennthier und Eisfuchs, als der eigentlichen Steppenthiere war. Dann aber nahm die Landschaft parkähnlichen Character an. Weitgedehnte Grassteppen wechseln mit Waldinseln und Gebüschen; stehende und fliessende Gewässer, von Schilf und Geröhricht umwachsen, locken die grösseren Vierfüssler zur Tränke und sind ein Tummelplatz für allerlei Geflügel, Graugans und Stockenten; die hier und dort dem Boden entragenden Klippen älterer Gesteine, besonders die Gypshügel mit ihren Klüften und Schlotten dienen dem Raubgesindel zum sichern Unterschlupf. Hierher schleppten sie ihre Beute, hier häuften sich die Reste ihrer Mahlzeiten an, hier hielten auch die Menschen der Diluvialzeit gelegentlich Rast, und in denselben Lehmschichten, welche die Knochen der von ihnen gejagten grossen Säugethiere umschliessen, findet man Feuerstein-Messer und Schaber und Holzkohlenstückchen. Nach und nach schloss der Wald sich dichter zusammen, die Steppenthiere wanderten wieder ostwärts, die vom Eise verscheuchten Wald-

bewohner rückten wieder ein und so leitet ein allmählicher Uebergang zu jenem Zustande Deutschlands über, den wir aus den Schilderungen von Caesar und Tacitus kennen. „Terra, etsi aliquanto specie differt, in universum tamen aut silvis horrida aut paludibus foeda, humidior, qua Galliam, ventosior, qua Noricum ac Pannoniam adspicit.“ Die Aufeinanderfolge dieser Zustände spiegelt sich in der Lagerung der in den Lehm und Löss Niedersachsens eingebetteten Thierknochen wieder. Zu unterst liegt die arctische Fauna mit zahlreichen Lemmingen, dann folgt die Steppenfauna, characterisirt durch den grossen Sandspringer (Alactaga jaculus), den grossen Ziesel (Spermophilus rufescens) und den Zwergpfeifhasen (Lagomys pusillus), dann die Waldfauna. Grosse Diluvialthiere, Mammuth, Nashorn (Tichorhinus), Höhlenlöwe, Höhlenhyäne, Riesenhirsch finden sich am zahlreichsten in der oberen Lage der Steppenstufe, und deuten vielleicht die zunehmende Bewaldung an, obwohl man auch diese nicht als Waldthiere auffassen darf. Der Riesenhirsch mit seinem gewaltigen Geweih konnte im dichten Urwald wohl kaum vorwärts kommen.

Dass klimatische Veränderungen mit diesem Wechsel der Thierwelt im engsten Zusammenhang stehen, ist zweifellos. Der Vereisung folgt zunächst ein continentales, ein Steppenklima mit raschem Wechsel von Hitze und Kälte; plötzlich ausbrechende Wirbelwinde jagten Wolken von Staub und Flugsand vor sich her. Wolkenbrüche erregten rasch vergehende Ueberfluthungen, und Wind, Regen und Schneeschmelze wirkten zusammen, jenen lössartigen Lehmboden zu erzeugen, der für den ganzen Landstreifen, in dem Steppenthiere entdeckt sind, bezeichnend ist.


Fig. 116. Schädelfragmente der Saiga-Antilope.
Aus dem Diluvium des Themsethales. Nach E. T. Newton.

Für die ausserordentliche Verbreitung dieser klimatischen Verhältnisse spricht die ungewöhnliche Ausdehnung des Wohngebietes mancher Thiere, die heute ein viel eingeschränkteres Areal bewohnen. Reste der Saiga-Antilope fand man bis zum höchsten Norden Sibiriens hinauf, selbst über dem Eisboden der neusibirischen Inseln, und nach Westen hin lässt sich die Spur dieses characteristischen Steppenthieres bis in das Themsethal verfolgen (Fig. 116).

Es ist im Vorigen mehrmals des diluvialen Menschen gedacht; er gehört aber so nothwendig in ein Bild quartären Lebens hinein, dass wir nicht mit diesen kurzen Bemerkungen das uns am nächsten liegende Capitel der Entwickelungsgeschichte der Erde abfertigen können. Es treffen leider mehrere Umstände zusammen, welche die Fortschritte auf diesem Gebiete behindern. Alle Bestrebungen müssen zunächst darauf gerichtet sein, eine chronologische Scala herzurichten, welche ein Ordnen der vielen werthvolleu Funde erlaubt, denn ohne Zeitrechnung kann man keine Geschichte treiben. Man hat dies nun von zwei Seiten aus in Angriff genommen, nämlich einmal von der palaeontologisch-stratigraphischen und dann von der culturgeschichtlichen. Jene Methode fusst zunächst auf der engeren Umgebung der Funde, auf der Art ihres natürlichen Vorkommens, ob in Höhlen, Flussschotter, Diluvialkies u. dgl., und auf dem Character der begleitenden Thierreste, deren Reihenfolge im Auftreten und Erlöschen für eine Gegend schon festgestellt ist. Es ist dies die verlässlichste, aber es gehören dazu die genaue Kenntniss des jüngsten Abschnittes der geologischen Geschichte uud eine sichere Disposition über palaeontologische und vergleichend anatomische Hülfsmittel. Den zahlreichen Dilettanten, die auf dem Felde der Anthropologie ihre Neigung zu wissenschaftlicher Erholung befriedigen, verdankt die Wissenschaft ihre werthvollsten Funde, aber auch manche Darstellung, die diese in ein ganz falsches Licht gerückt hat. Bestimmte Ideen, von hervorragender Seite ausgesprochen, haben oft geradezu terrorisirend gewirkt und eine Sicherheit in den Beschreibungen hervorgerufen, die jetzt nur noch schwer die Erkennung des wahren Sachverhaltes erlaubt. Die Ausfüllungen von Höhlen, in denen durch die Kraft der Wasserspülung oder Verrutschungen und Einbrüche die Reste sehr verschiedener Zeiten dicht neben einander lagern können, die Vermengung fluviatiler Sedimente, das allmähliche Herabsinken schwerer Objecte im Triebsande, die Umlagerung älterer Schichten durch Wasser oder Eis in viel jüngerer Zeit und die durch alles dies herbeigeführte Heterogenität der als gleichzeitig geschilderten Thiergesellschaften macht sich oft sehr störend bemerklich. Dazu kommt, dass auch in den Gebieten des einstigen Inlandeises oft noch gar nicht geklärt ist, was als präglacial, interglacial oder postglacial anzusehen sei, und dass ferner der Vergleich glacialer Ablagerungen mit solchen von Flüssen, Lössanhäufungen oder Tuffen in Gebieten, die nicht vergletschert waren, zu den schwierigsten in der Geologie gehört. Hier lässt häufig auch die palaeontologische Hülfe im Stich; im Süden geht das Lebeu der Gegenwart ohne Bruch aus dem des Pliocäns hervor, im Norden wird die diluviale Thiergesellschaft wie ein Keil hineingetrieben.

Die culturgeschichtliche Methode, die prähistorischen Funde auf einen zeitlichen Hintergrund zu projiciren, fusst auf den allmählichen Fortschritten in der Technik und der Vervollkommnung der Sitten, die sich überall in ähnlicher Weise vollzogen haben. Die Begriffe der Stein-, Bronze- und Eisenzeit sind zu bekannt, um hier nochmals eine Erörterung zu verlangen. Die Intervalle sind vielleicht überall gleich, aber das Tempo, in dem sie überwunden sind, ist ein sehr verschiedenes. Noch heute leben Völker in der Steinzeit, und während unsere Vorfahren noch mit den primitivsten Geräthen sich behalfen und noch in tiefer Uncultur befangen waren, blühte in Aegypten und bei anderen Völkern ein Staatswesen, eine Technik und eine Gesittung, auf die auch kein Zeitgenosse des 19. Jahrhunderts herabzusehen berechtigt ist. Sind aber auch die Intervalle überall gleich? Heute werfen in den Colonien die Wilden ihre erbärmlichen Waffen fort, um sich mit Winchestergewehren zu rüsten; der Verkehr war früher sehr schwer, aber Bewegungen der Völker hat es stets gegeben und ihre Erfindungen verbreiteten sich auf günstigen Strassen schneller als über Berge und Meere. Andererseits muss wieder im Auge behalten werden, dass die einfachsten Formen der Waffen wie der Ornamente gleichsam Postulate sind, mit denen nothwendiger Weise die Technik beginnt. Die Feuersteingeräthe, die Ameghino im Pampaslehm gefunden hat, sehen gewissen französischen aus der „Chelléenzeit“ täuschend ähnlich; nach französischer Auffassung ist dieser Typus characteristisch für eine einzige Periode. Soll man etwa hieraus folgern, dass der Mensch des Piso platense, der noch das Mylodon und Megatherium jagte, auch ein Zeitgenosse der französischen Urbevölkerung war, oder gar, dass ein Austausch zwischen ihnen stattgefunden habe? Die Technik ist thatsächlich polyphyletisch, wie z. B. auch die Wiederkehr der bekannten griechischen Mäanderornamente an amerikanischen prähistorischen Geräthen beweist. Für eine gesicherte Zeitbestimmung ist es nöthig, falls nicht der geologische Befund klipp und klar ist, alle übrigen Beweismittel gleichmässig anzustrengen, und völlig zu vermeiden, eins aus dem anderen zu ergänzen. Weil man glaubte, dass die bei Cannstatt gefundenen Menschenreste altdiluvial seien, erkannte man auch an ihnen alle Merkmale einer niederen Urbevölkerung, obwohl sie, wie sich jetzt herausgestellt hat, aus römischen oder allemannischen Reihengräbern stammen; weil der Schädel des Neanderthales affenähnliche Merkmale erkennen liess (nach Virchow aus pathologischer Verbildung zu erklären), wurde er, trotz gänzlich unsicherer Provenienz, als altdiluvial proclamirt; weil man Feuersteingeräthe von sehr primitiver Form in Schichten fand, in die neben echt diluvialen Thieren auch

solche einer älteren Fauna hineingerathen waren, hielt man sie für die des präglacialen Menschen und verwerthete später das Vorkommen solcher Geräthe wieder zur directen Altersbestimmung, obwohl sie auch in zweifellosem Postglacial auftauchen.

Nunmehr ist die Anthropologie in eine Periode wohl begründeter Skepsis eingetreten, in der man vielleicht auch manche werthvolle Beobachtung zu rasch über Bord wirft. Bei strenger Kritik wird sich aber jedenfalls rascher ein Ueberblick über den sicheren Besitzstand gewinnen lassen als umgekehrt. Im Allgemeinen werden alle Funde, die in die Periode der Eiszeit fallen (Präglacial und Postglacial mitgerechnet) als palaeolithische auf eine ältere Steinzeit bezogen; die jüngere Steinzeit entspricht dem Alluvium und geht ohne scharfe Grenze in die Bronzezeit über. Hierher gehören die meisten Pfahlbauten, die uns den Menschen in Mitteleuropa schon auf höherer Stufe zeigen, wie er nicht allein mit Jagd und Fischfang beschäftigt ist, sondern in festen Hütten verschiedenen Gewerben obliegt, so der Gerberei, Töpferei und Fabrication von Steingeräthen, und in Handel und Verkehr mit anderen Völkern steht. Im fernen Osten war damals schon die Sonne edlerer Cultur aufgegangen, und langsam drangen ihre wärmenden Strahlen bis an die Gestade des atlantischen Meeres und der Ostsee.

Die ältere europäische Steinzeit, die den Geologen und Palaeontologen allein beschäftigt, ist sehr viel weniger aufgehellt. Das Inlandeis hatte von grossen Territorien Besitz genommen; während dieser eigentlichen Eiszeiten sind Spuren des Menschen nur in ziemlicher Entfernung von dem Rande dieser Wüste zu erwarten. Nomadisirend folgte er den grossen Beutethieren, und rastete nur an bestimmten Stationen, um seine Feuer anzuzünden und die Mahlzeit zu halten. In den Höhlen der mitteleuropäischen Kalkgebirge, die vom Eise nie erreicht wurden, geht das Alter menschlicher Reste wohl am weitesten zurück, bis über die Eiszeit hinaus, aber die örtlichen Verhältnisse sind meist zu verworren, um exacte Schlussfolgerungen zu gestatten. Dem Präglacial der nördlichen Gegenden wird hier eine Fauna entsprechen, in der die noch heute lebenden Waldthiere sich mit pliocänen Formen mischen oder mit solchen, die gegenwärtig sich weiter nach Süden gewandt haben; während des Verlaufes der Vereisung dringen auch die nordischen Einwanderer und die Bewohner des Hochgebirges ein, während die pliocänen Arten verschwinden, und allmählich reinigt sich die Fauna wieder von diesen Eindringlingen, und die mitteleuropäische Waldfauna, das Derivat der pliocänen, bleibt allein übrig. Echt präglaciale Funde, die also von der Moräne der ersten Vereisung überdeckt wurden, sind sehr selten,

menschliche Reste noch unbekannt. Während der Interglacialzeit drang der Mensch aber gegen Norden vor; im Gebiete der älteren Moräne hinterliess er seine Spuren bei Weimar, Gera und in Niedersachsen, bei Thiede und Westeregeln. Aus der letzten Zeit der zweiten Vereisung, als der Eisrand schon weit zurücklag, haben wir mehr Nachrichten; hierher gehören die berühmten Funde von der Schussenquelle, die in den massenhaften Resten des Rennthieres und den Tuffen mit nordischen Moosen classische Zeugen ihres Alters besitzen, hierher das Kessler Loch bei Thayngen und auch die letzthin entdeckte Fundstelle von Schweizersbild bei Schaffhausen, der die zahlreichen Reste von Lemmingen und Rennthier dieselbe Signatur geben. Die Technik lenkt hier zu der der neolithischen Zeit über; thatsächlich ist auch hier eine Grenze nicht festzuhalten.

Die französischen Forscher haben nach dem Typus der älteren Geräthe eine Eintheilung versucht, die auch ohne Hülfe der gleichzeitigen Thiere eine Ermittelung des ungefähren Alters ermöglichen soll. Nach den berühmten Fundorten La Chelle (Seinebecken), Moustier, Solutré und der Madelaine werden unterschieden der Typus des Celléen, Moustiérien, Solutréen und Magdalénien (Rennthierzeit); dann erst folgt die jüngere Steinzeit mit polirten Steingeräthen und feineren Thongeschirren.

Für die Gegenden der Garonne und Dordogne gab Landesque etwa folgende Uebersicht (abgekürzt):

Schicht (auf dem Plateau)	Humus, Alluvium	Aufgearbeitetes Diluvium	Sandiger Lehm. Kies	Lehm- mit Lösskindeln	Löss oder Localmoräne	Sand, Kies, fremde Gerölle u. s. w. Brauner Thon mit alten Gesteinsfragmenten
Fauna	Lebende Thiere	Lebende Thiere; viele Hirsche Bison (?!)	Hirsch, Steinbock, Rennthier, Mammuth im Aussterben	Mammuth, Renn, Hirsch, Steinbock, Lemming, Rhinoceros	Mammuth, Rhinoceros tichorh., Höhlenbär, Riesenhirsch, Hyäne, Renn (selten)	Elephas primigenius, antiquus, meridicnalis, Rhinoceros Merckii, Riesenhirsch, Höhlenbär. Hippopotamus major wird ebenfalls aufgeführt.
Industrie	Eisen, Brouze	Neolithische Steingeräthe } feinere Thongeschirre	Magdalénientypus der Feuersteine. Grobe Geschirre	Solutréen. Pfeil- und Lanzenspitzen aus Feuerstein. Bearbeitete Knochen.	Moustiérien. Feuersteinmesser nur auf eine Seite zugeschlagen, Schaber.	Chelléen. Dreikantige Feuersteine, biconvexe Beile, oft zu Dolchklingen verlängert.

Die Geräthe des Chelléentypus gelten als präglacial, aber die Gesteinsschichten, in denen sie neben präglacialen Thierresten vorkamen, machen so sehr den Eindruck des Zusammengewürfelten, dass man sehr zurück-

haltend im Urtheil sein muss. Zuweilen (siehe die obige Tabelle) werden Faunen von fast unmöglicher Zusammensetzung angegeben. Präglaciales und pliocänes Material mag in Ablagerungen mit aufgenommen sein, die vielleicht unserem unteren Diluvium entsprechen. Die Feuersteingeräthe allein beweisen gar nichts; Tardy fand im Thal des Ain den Chelléentypus in postglacialen Schichten, wie von einer dünnen Lehmschicht (seinem Diluvium quaternaire final) überzogen. Skelettreste sind noch nie mit Geräthen des Chelléen zusammen gefunden, und überhaupt präglacial unbekannt. Präglacialen Alters scheinen die Geräthe von Mesvinientypus zu sein, die man im umgearbeiteten Eocän von Mons gefunden hat. Früher sprach man von einer Werkstätte tertiärer Feuersteinwaffen, die hier angelegt sei; Mourlon glaubt, dass das Eocän vor Beginn des eigentlichen Diluviums unter dem Einfluss der Winde so umgelagert sei, und dass damals auch erst die Feuersteine hineingerathen seien.

Aus dem Vorkommen von Elephas meridionalis, antiquus, von Rhinoceros Merckii und Hippopotamus ist zuweilen gefolgert, dass das Chelléen wärmer als heute gewesen sei. Für die eigentliche Präglacialzeit (richtiger wohl das Ende der Pliocänzeit), die man schärfer als meist geschieht von der Altglacialzeit unterscheiden muss, in welcher das Herannahen der skandinavischen Gletscher deutlich hervortritt, ist dieser Schluss wohl berechtigt, d. h. noch gegenwärtig ist jener Zustand nicht wieder hergestellt, der durch den Einbruch der Eiszeit vernichtet wurde. Das ist aber erst zu erweisen, dass mitteleuropäische Ablagerungen, in denen das Mammuth neben Nachzüglern aus dem Pliocän liegt, von ungestörter, homogener Zusammensetzung sind, dass Mammuthknochen wie Feuersteingeräthe nicht erst viel später hineingeschwemmt sind.

Aus dem Moustiérien sind dagegen einige Menschenreste bekannt, so die Kiefer von Naulette und Arcy- sur-Eure, die Skelette aus der Höhle von Spy; häufiger sind sie im Solutréen gefunden. Im Magdalénien befinden wir uns auf der Grenze der Diluvialzeit; das Eis ist im Schwinden, viele Gegenden stehen schon in der Postglacialzeit, und der Boden hat sich mit Kräutern und Sträuchern rasch überzogen, denen das Rennthier eifrig nachgeht, während das Mammuth seltener und seltener wird. Die Menschen jener Zeit folgten dem Ren auf allen seinen Weidezügen, sie nährten sich von seinem Fleisch und Mark, kleideten sich in seine Felle und verfertigten Werkzeuge aus seinen Knochen und seinen Geweihen. Es bestand ein Verhältniss zwischen ihnen, wie es ähnlich zwischen den Lappen und dem Ren herrscht, doch war die Zähmung des Rens keinenfalls durchgeführt.

Wie das Mammuth und das Eiszeit-Rhinoceros stammt das Rennthier aus dem nördlichen Asien, die Ausdehnung des Inlandeises machte ihm einen Aufenthalt im nördlichen Europa unmöglich, schuf aber durch die Verbreitung der arctischen Kräuter nach Süden Weidezonen und Wanderstrassen, denen das Ren bald folgte, bis zum Gürtel der alpinen Vereisung, der das weitere Vordringen hemmte. Ueber die Alpen und Pyrenäen ist das Ren nicht hinausgekommen, selbst in den alten Höhlen von Mentone fehlen seine Reste gänzlich. Die Geschichte des Rens ist eine Reihe von Wanderzügen grossartiger Natur; es folgte einzig und allein der ihm zusagenden Weide, es hatte seine grösste Blüthe, als diese in Folge der Eiszeit enorme Areale mehr als jetzt bedeckte, es verschwand aus Mitteleuropa und wandte sich nach Skandinavien, als jenes sich mit Eichenwäldern bedeckte, dieses vom Eise frei wurde. Man kann demnach nicht von einer Rennthierzeit schlechtweg sprechen; wenn aber dieser Ausdruck beibehalten werden soll, so kann er nur auf jene Zeit Anwenduug finden, als Mitteleuropa eisfrei, aber noch von arctischer Flora bedeckt war, d. h. auf unser Postglacial. Das Zusammenleben von Ren und Mensch reicht in Asien jedenfalls viel weiter, wahrscheinlich ins Präglacial zurück, und fällt in Skandinavien in die neolithische Periode. In Mittel- und Norddeutschland rückte das Rennthier in grösseren Herden wohl zuerst zur Interglacialzeit ein; in der Rixdorfer Kiesbank an der Basis der interglacialen Sande finden sich seine Geweihstangen nicht selten, und Dames machte die interessante Mittheilung, dass diese der arctischen Form des Rennthiers (Rangifer grönlandicus) angehören. Der hohe Norden der Continente wird nämlich von einer besonderen Varietät des Rennthiers bewohnt, dem sogen. Barren ground Caribou, einem Thier von halb so grosser Statur, aber doppelt so grossem Geweih, als sie das Woodland Caribou besitzt, welches nur so weit nach Norden geht als die Waldregion reicht. Die Geweihe der jüngeren Rennthierzeit dürften aber in den meisten Fällen schon der letzteren Form angehören; die schönen Stücke, die ich aus Ostpreussen kenne, lassen sich nur auf sie beziehen. Hier bietet sich ein noch wenig ausgenutztes Mittel, die geologisch so verschiedenaltrigen Rennthierfunde chronologisch auseinander zu halten.

Die Vorstellungen über die Rasseneigenthümlichkeiteu des palaeolithischen Menschen beruhen auf wenig sicherer Grundlage; jedenfalls existirten in den weit auseinander gelegenen Ländern, die wir eben genannt haben, schon verschiedene Stämme, und selbst Mitteleuropa wurde nicht von einer Rasse allein bewohut. Die Wohnsitze, welche der tertiäre Mensch vor dem Anfang der Diluvialzeit einnahm, verschoben sich während dieser Periode beträchtlich,

und das Phänomen der Vereisung des Nordens wurde für das Erwachen der Cultur von einschneidender Bedeutung. Langsam, aber unaufhaltsam rückten die Eiswüsten gegen die Länder der gemässigten Klimate vor, trieben alles vor sich her und erregten so eine erste Völkerwanderung oder Verschiebung. Der alpine Gebirgsbogen spannte sich im Süden als eine gewaltige Barre dagegen; zwischen beide eingeschlossen, wurde die Bevölkerung zum ersten Male mehr zusammengedrängt, es trat ein Wettbewerb und auch ein Ausgleich früher weit getrennter Stämme ein, der wichtige Anregungen für die spätere Gestaltung des menschlichen Lebens lieferte. Völker, die aus Asien her vor dem Saume des Inneneises den weidenden Rennthieren folgten, trafen mit der autochthonen Bevölkerung zusammen; unauslöschliche Spuren muss das Eintreten der Diluvialzeit in der Entstehungsgeschichte der Menschheit hinterlassen haben.

Je weniger Funde gemacht sind, die sich zu Schlussfolgerungen auf die Körperform des palaeolithischen Menschen verwerthen liessen, desto weiter öffnet sich das Feld für Conjecturen, die wir nur kurz berühren wollen. Oberhalb Erkrath, in dem Theile des Düsselthales, welches den Namen Neanderthal führt, wurde von Arbeitern eine kleine Grotte im Eifelkalk, „Die Feldhofer Grotte“, des Steinbruchbetriebes wegen ausgeräumt. Ihr Boden war etwa 2 m hoch mit Lehm bedeckt, der auch vor ihrem Ausgange, in demselben Niveau, eine Vorstufe bildete. In diesem Höhlenlehm wurden ein sehr alter Menschenschädel, Extremitätenknochen und ein Beckenbruchstück gefunden, angeblich in horizontal gestreckter Lage. C. Fuhlrott hat diese Funde ausführlich beschrieben, er entdeckte auch in der nahegelegenen „Teufelskammer“ auf dem linken Ufer der Düssel Knochen und Zähne von Rhinoceros tichorhinus, Höhlenhyäne und Höhlenbär, die in ihrer Erhaltung den Menschenknochen sehr ähnlich und durch dieselben Mangan-Dendriten bezeichnet sind. Eine Sicherheit für das diluviale Alter der Menschenreste liegt hierin natürlich nicht, da die Knochen durch Spalten in die Höhle hineingespült und in dem Lehm in einen ähnlichen Erhaltungszustand übergeführt sein können, wie die diluvialen Thierreste. Weder nach den osteologischen Eigenschaften noch nach dem geologischen Vorkommen besitzt der Fund vom Neanderthal irgend etwas typisches.

Jene erklärte Virchow für pathologisch, dieses ist und bleibt unsicher. Trotzdem kommt man immer wieder auf die „Rasse des Neanderthales“, die mit ihrer schmalen, flachen, fast fliehenden Stirn, den gewaltig vorspringenden Augenbrauenbogen und der prognathen Kieferstellung tiefer als alle lebenden Rassen stehen und sich den menschenähnlichen Affen nähern soll. Fraipont

hat das Bild dieser unserer wilden Vorfahren noch weiter ausgemalt, indem er ihnen sogar den aufrechten Gang abspricht. Die Skelette der Höhle von Spy, neben denen und über denen Knochen echt diluvialer Thiere und Waffen vom Moustiérientypus gefunden wurden, sollen eine Verbiegung der Schienbeine aufweisen, die nur eine solche Stellung der Kniee erlaubt, wie sie etwa beim Gorilla oder Orang sich herausgebildet hat. Der Mensch von Spy soll mit geknickten Knieen und nicht in der aufrechten Haltung, die den Culturmenschen auszeichnet, einhergeschritten sein. Aber ebenso wie sich Schädel vom Typus des Neanderthalmenschen auch noch heute gelegentlich beobachten lassen, ist die erwähnte Stellung und Biegung der Tibien exceptionell vorhanden und allein nicht Beweis genug. Wichtiger wäre es, das Verhältniss zwischen der Länge der Hinter- und Vorderextremität und die Bildung der Hand zu studiren, da diese beim Menschen unter dem Einfluss des aufrechten Ganges sich herausgebildet haben, und, wo diese noch nicht erreicht ist, nothwendig sich anders verhalten müssen. Derartig inferiore Merkmale sind mir unwahrscheinlich; man muss im Auge behalten, dass der Mensch der Steinzeit, auch der älteren, im gewissen Sinne schon Handwerker und Künstler war, wie wir gleich sehen werden, dass er Wurfspeere zu schleudern verstand, was nur bei aufrechter Haltung möglich ist. In den vielleicht noch tertiären Tuffen von Nicaragua haben sich menschliche Fusstapfen erhalten, die alle dem Menschen der Gegenwart eigenthümlichen Merkmale zeigen; der Fuss, die Fusssohle in ihrer typischen Gestalt, ist aber ebenso correlat der aufrechten Haltung wie die Verkürzung der Vorderextremität und die Gestalt der Hand. Schliesslich sei nochmals darauf hingewiesen, dass schon 5 Jahrtausende vor Christus in Aegypten eine hohe Cultur herrschte, die sicher eine lange Vorgeschichte voraussetzt, dass die jüngere Steinzeit in West- und Ostpreussen aber nur in das zweite Jahrtausend zurückgesetzt werden kann, sodass eine theilweise Coincidenz wenigstens des letzten Theiles der palaeolithischen Periode in Europa und der Blüthe aller Cultur in Aegypten nicht ausgeschlossen ist. Die Mittel-Europäer standen im Verhältnisse zu den Aegyptern etwa auf derselben Stufe wie heute die von den Europäern verachteten Papuas, aber sie geradezu für ein Volk von halbthierischer Körperbildung zu halten, dazu liegt wahrlich kein genügender Grund vor. Wäre das gewesen, so würde nichts sie vor dem Schicksale gerettet haben, das heute die niedrigen Rassen ereilt hat oder in Bälde ereilen wird, für die spätere Geschichte wären sie ohne Bedeutung. Dass am Schädel, auch wenn die Schädel von Engis und vom Neanderthal ebenso ausgeschieden werden, wie die Reste von Cannstatt,

einige Merkmale hervortreten, die an den hochgebildeten Rassen der Gegenwart sich verwischt haben, scheint richtig zu sein. Prognathismus, geringe Höhe des Kinns, zurückliegende flache Stirn, Augenbrauenwülste sind Merkmale, die fast in jeder Beschreibung wiederkehren, aber erst muss doch noch viel mehr Material gesammelt werden, ehe ein sicheres Urtheil möglich wird. Uebergangsformen zu dem gemeinsamen Vorfahren der anthropoiden Affen und Menschen wird man im Quartär vergeblich suchen.

Schon damals nahm der Mensch eine Culturhöhe ein, die ihn weit über die Thierwelt erhob und zu ihrem Herrn oder doch zu einem überlegenen Gegner machte. Er verstand das Feuer anzufachen, er verfertigte sich Waffen und er entfaltete sogar einen bildnerischen Nachahmungstrieb, aus dem später das schönste Gut der Menschheit, die Kunst, erwuchs. Zur Gewinnung des Feuersteines wurden oft complicirte Bauten von Stollen und Schachten angelegt, wie bei Spiennes a. d. Trouille. Bei Brandon sind Hunderte von Gruben aufgedeckt, deren einzelne bis 60 Fuss Durchmesser haben und bis 39 Fuss tief sind; man drang regelmässig von Osten her in die Tiefe ein, und vor dem Eingange häufte man das durchsuchte Kreidegestein an. Zugeschärfte Hirschgeweihe waren die einzigen Werkzeuge, deren sich die alten Minirer bedienten!

Die Feuersteine fanden die vielseitigste Verwendung, und mit ihrer Hülfe schabte und schnitzte man auch wieder Knochen und Geweihe zu Harpunen, Speerspitzen und Abzeichen zurecht, auch dienten sie zum Graviren. Die ersten Regungen des Formen- und Verschönerungssinnes bei diesen alten Völkern sind von hohem Interesse. Von den Mammutbrippen mit einfachen linearen Ornamenten, die bei Predmost gefunden sind, von den durchbohrten Zähnen und Muscheln, die, vielleicht auf Darmsaiten gereibt, um Hals und Glieder getragen wurden, den Stäben und Perlen aus Elfenbein bis zu den Zeichnungen auf Elfenbein und Rennthiergeweihen, die in Höhlen des Périgord am Aveyron, von Montgaudier (Charente) u. a. zu Tage gekommen sind, und bis zu den Schnitzereien von Thayngen und den elfenbeinernen Fischen, die im polnischen Quartär gefunden sind, ist ein weiter Weg, der aber sicher in der Steinzeit noch zurückgelegt wurde. Mit Vorliebe wurde in der Rennthierzeit dieses werthvolle Thier nachgeahmt, doch sind auch vom Moschusochsen, Urstier, Wildpferd, Schwein und Hasen, von Robben, Fischen und selbst von Baumzweigen primitive Skizzen vorhanden, deren Deutung allerdings zuweilen künstlicher ist wie die Ausführung.

Nadeln aus Knochen lassen darauf schliessen, dass man Felle mit gedrehten Därmen zu einer Art Kleidung oder zu Zelten zusammenzuheften

verstand; die Geschirre waren zwar sehr roh, aber man wusste doch (wenn auch nicht allgemein), sie aus Thon oder Lehm herzustellen und hatte den Vortheil ihres Gebrauches begriffen. Aus den Laufknochen des Rennthieres wurden Signalpfeifen geschlagen, mit denen die herumstreifenden Jäger sich benachrichtigen konnten. In allen diesen kleinen, aber doch so unendlich wichtigen Zügen, wenn man den Abstand von den jedes Hülfsmittels baaren Thieren bedenkt, tritt uns das Bild eines zwar unentwickelten, aber doch im Vollbesitze menschlicher Intelligenz befindlichen Volkes, nicht das halbthierischer Affenmenschen entgegen.

Mehrfach, so bei der Aushebung der Höhle von Spy und bei Steeten a. d. Lahn ist man auf Skelettreste gestossen, die zweifellos begraben waren. Dies zeugt von einem Gefühl, das vom einfach Brutalen schon weit entfernt ist. Völker, die unberührt von dem stetig beschleunigten Getriebe der Cultur gelebt haben, sind auch heute noch nicht erheblich über die Stufe der quartären Bewohner Mitteleuropas fortgeschritten.

Ueber die Art und Weise, wie der Diluvialmensch lebte, haben wir kaum Andeutungen. Man mag ihn sich als Jäger vorstellen, der den Herden des Wildpferdes [1]), Rennthieres und des Rindes nachstellte, aber in seinen Pfaden lag sicher eine gewisse Regelmässigkeit; dieselben Stationen, Hügel und Höhlen wurden aufgesucht, zum Anfachen der Feuer, Bereitung der Mahlzeit und zum Uebernachten benutzt. Manche Höhlen wurden auch dauernd bewohnt, und die Feuersteinwerkstätten, die Grubenanlagen, die Abfallgruben und später die Kjökkenmöddinger erzählen schon von einer bedingten Sesshaftigkeit. Dass seine Reste, Spuren seiner Thätigkeit sich so selten finden, kann angesichts der Schwierigkeiten, die sich ihrer Erhaltung durch lange Jahrtausende entgegenthürmen, nicht im Geringsten zu dem Schlusse berechtigen, dass er einsam in den Höhlen der Gebirge hauste, im Gegentheil weisen viele andere Momente darauf hin, dass er mit Seinesgleichen lebhaft verkehrte. Die Kunstfertigkeiten, die wir von ihm kennen lernten, vererben sich nicht wie die natürlichen Instincte der Biene, ihre Waben anzulegen, sondern wollen gelernt und gelehrt sein, und da zur Diluvialzeit die meisten Errungenschaften Gemeingut des Menschen sind, so setzt das allein schon einen grösseren Zusammenhang und Austausch voraus.

Dass man allerdings im Aufspüren alter Verkehrsstrassen vorsichtig

1) Bei Solutré hat man ausserordentlich viel Pferdeknochen mit Brandspuren gefunden; man schätzt die Menge der durch sie repräsentirten Individuen auf ca. 40 000. Später lieferte das Renn die meiste Nahrung. Cannibalismus ist mehrfach festgestellt.

sein muss, zeigt die Geschichte der Nephrit- und Jadeit-Frage, die sich zwar um neolithische Artefacte drehte, aber doch hier berührt werden mag. Beide Minerale zeichnen sich durch grosse Zähigkeit, oft auch durch schöne grüne Farben und bis an Durchsichtigkeit streifende Aufhellung aus, sodass sie in den Ländern, wo sie häufiger gefunden werden, nicht allein technisch, sondern auch als Schmuck- und Werthstein geschätzt sind. Die weite Verbreitung aus ihnen hergestellter Sachen, die von Europa durch ganz Asien, von Nordamerika über Mexiko und Westindien bis Südamerika verfolgt ist, contrastirt in auffallender Weise mit dem beschränkten Vorkommen der Stoffe in der Natur. Nephrit ist häufig in Turkestan und Transbaikalien, dann in Neuseeland, Jadeit nur in Burma; weder in Europa noch in Amerika waren sie je anstehend gefunden. Die Verschleppung über die grössten Continente wurde zum Beweise ausgedehnter Handelswege, die von Neuseeland bis zu den Spitzen der amerikanischen Continente reichte. Nun sind prähistorische Handelsbeziehungen, auf Austausch von Steinen berechnet, aus anderen Gründen wahrscheinlich genug, aber eine Reihe von Erfahrungen der letzten Jahre hat gezeigt, dass den Nephrit- und Jadeitbeilen u. s. w. eine überzeugende Beweiskraft nicht mehr zugesprochen werden kann. Zunächst ist hervorzuheben, dass sich sowohl unter den Nephriten wie unter den Jadeiten ganz bestimmte Typen unterscheiden lassen, die nicht auf einen gemeinschaftlichen Ursprung zurückzuführen sind. So lassen sich z. B. die Jadeite der Schweiz, Deutschlands und Frankreichs (mit Ausnahme der von Morbihan in der Bretagne, die für sich stehen), die des nordwestlichen Deutschlands (Rabber in Hannover), die von Mexiko und die von Burma nach Arzruni sicher unterscheiden.

Die Nephritbeile Alaskas stammen schwerlich aus Sibirien, da in den Jade Mountains Nephrit von fast derselben Qualität vorkommt. Man hat aber auch Fundpunkte in Europa entdeckt, die zwar von den Menschen der Steinzeit nicht ausgebeutet wurden, da sie theils erst durch Bergbau, theils durch die Verwitterung und Denudation freigelegt sind, aber doch zeigen, dass diese Mineralien thatsächlich in Europa vorhanden sind und wohl auch früher zugänglich waren. Schon Linné führte den Nephrit von Reichenstein in Schlesien an, eine Bemerkung, die ebenso wie der Fundpunkt in Vergessenheit gerathen war. Bei Jordansmühl wurde er von Traube nachgewiesen, und auch in Steiermark kommt er vor. Jadeit ist in prächtigen Stücken in einer Lawinenrunse des Pizzo Langhino mit heruntergerissen und auch in das Bachbett der Ordegna bei Casaccia gerathen; v. Fellenberg glaubt den Contact zwischen Serpentin und Kalk, der in der Höhe sichtbar

wird, mit Bestimmtheit als ursprüngliches Lager des Minerales angeben zu können. Auch dieser Jadeit stimmt mit keinem der verarbeiteten Stücke überein, die aus den Schweizer Seen geholt sind, aber Serpentine sind in den Centralstöcken der Alpen so verbreitet, z. B. in Süd-Wallis und am Montblanc, dass hier wohl die noch unbekannte Quelle des Materiales gesucht werden darf. Die Gewinnung der gesuchten Steine auch im Inlande schliesst natürlich den Eintausch nicht aus, aber sie nimmt der berührten Hypothese wenigstens die unwahrscheinliche Schärfe, die in der Annahme eines geradezu weltumspannenden Verkehres liegt.

Um nicht zu weit auf das Gebiet der Anthropologie zu gerathen, seien nur noch kurze Angaben über das quartäre Auftreten des Menschen auch in anderen Continenten gemacht.

In den uralten Culturländern der alten Welt sind fast keine urgeschichtlichen Ergänzungen zu der aus Tradition und dem Studium der Bau- und Kunstwerke erschlossenen Geschichte bekannt; je heller hier das Licht geistiger Blüthe strahlt, um so dunkler erscheint die dahinter liegende Nacht. Wie weit hier eine der europäischen Steinzeit entsprechende Stufe niederer Gesittung zurück zu datiren wäre, ist völlig unsicher. In Madras ist durch die Arbeiten der geologischen Landesuntersuchungen ein System von Höhlen erschlossen, welches den Namen der Carnul Caves führt. Die knochenreichen Höhlenschichten sind von Lydekker beschrieben, und wenn auch das quartäre Alter nicht beanstandet werden kann, so ist doch als auffallende Thatsache zu verzeichnen, dass viele Arten der hier begrabenen Thiere ausgestorben sind, andere ihre Heimath gegenwärtig in Afrika haben (Cynocephalus, Manis gigantea, Equus asinus, Hyaena crocuta). Die Fauna ist seit jener Zeit, ohne dass, wie in Nordeuropa, ein Eingreifen der Elemente den ruhigen Gang der Entwickelung erschüttert hätte, von starken Veränderungen betroffen, wie sie nur im Laufe längerer geologischer Abschnitte sich einzustellen pflegen. Man fand aber selbst in sehr tiefen Schichten der Charnelhouse-Höhle noch Werkzeuge, unter der jüngsten Schicht auch Zähne des Menschen. Noch etwas älter sind die Ablagerungen am Narbaddaflusse, welche gleichsam die quartäre Fortsetzung der echt pliocänen Siwalikfauna umschliessen; auch hier kommen neben Thieren, die fast sämmtlich ausgestorben oder doch der indischen Fauna fremd sind, Speerspitzen und andere Artefacte vor. Diese Narbaddaschichten nehmen zwischen Pliocän und Quartär eine ähnlich vermittelnde Stellung ein, wie etwa das Forestbed in England oder die Schichten des oberen Val d'Arno in Italien, würden also in der nordeuropäischen Facies einem echten Präglacial entsprechen.

Dies sind aber auch die einzigen Funde auf dem grossen asiatischen Continente, die bis in das Quartär hinabreichen, während neolithische Geräthe von Kamtschatka bis ins europäische Russland hinein vorkommen.

Eine neuerlich aufgetauchte Hypothese knüpft an das in Italien nachgewiesene Vorkommen menschlicher Reste in Schichten mit Elephas antiquus an und lässt den quartären Menschen Europas mit jenem zusammen aus Afrika eingewandert sein, also etwa zu der Zeit, als das Eis zum ersten Male sich über Skandinavien auszubreiten begann. Die Brücke ist noch durch einen Pfeiler, die Insel Malta, angezeigt, auf der einige Individuen des Elephas antiquus hängen blieben und sich vermehrten; nach der Isolirung der Insel verkümmerte dieses gewaltigste Landthier zu jener kleinen Ponyrasse, die den Namen E. melitensis empfangen hat. Dem sei wie ihm wolle, vorläufig sind quartäre Menschenreste nur aus Europa und nicht aus Afrika bekannt.

Weit günstigere Resultate haben die in Amerika angestellten Untersuchungen erzielt. Es ist schon früher hervorgehoben, dass die Existenz tertiärer Menschen sowohl in Nord- wie in Südamerika behauptet wird; für Südamerika sind von Ameghino in neuester Zeit gewichtige Beweise beigebracht, aber in Nordamerika ist das Alter der Schichten, die menschliche Reste oder Artefacte geliefert haben, wohl zu hoch angesetzt.

Der berühmte Schädel von Calaveras stammt aus den goldhaltigen Kiesen Californiens und wurde in einer Grube der Bald Hills 40 m tief unter der Oberfläche gefunden. Diese Geröll- und Kieslager sind von alten Flüssen zusammengeschwemmt; gewaltige vulcanische Eruptionen trieben ihre Lavamassen in die Thäler hinunter, die Flüsse versiegten und ihre Betten liegen jetzt tief unter einer festen, steinernen Decke. Als man Kunde bekam, dass in ihnen Gold zu holen sei, überwand die Zähigkeit der Goldsucher auch diese Schwierigkeiten. Man wühlte sich unter den Lavagewölben durch und durchsuchte die alten Gerölle auf ihren edlen Gehalt. Dabei fand man nicht selten fossile Knochen von Mastodon und anderen Thieren, Waffen und Geräthe, auch Bruchstücke menschlicher Schädel und Knochen, die man aber lange unbeachtet liess, bis der Fund des genannten Schädels, der in die Hände des Geologen Whitney gelangte, die Augen aller Anthropologen hierher zog. Bildung und Gestalt lassen aber keine näheren Schlüsse auf die Rasse zu, und das Alter dürfte auch nicht über das Quartär hinausgehen. Gebirgsstörungen und vulcanische Ausbrüche sind in dieser Periode noch sehr heftig aufgetreten, und Mastodon ohioticum ist für das amerikanische Diluvium fast von derselben Bedeutung, wie für das unsere das Mammuth.

Ueberraschend ist das Vorkommen menschlicher Fussspuren in den Tuffen eines erloschenen Vulcanes, des Tizcaya, in Nicaragua. Die vulcanischen Massen verschütteten tertiäre Schichten; die Spuren von Menschen und Thieren, die sich auf dem noch weichen Lager bewegten, sind scharf wie in Formsand erhalten. Ueber ihnen hat sich im Laufe der Zeit der Boden beträchtlich erhöht; man zählt nicht weniger als 14 verschieden aussehende Schichten, und in der siebenten, von unten gerechnet, traf man auf Mastodonreste. Auch hier darf man nur an quartäres Alter denken.

Die meisten Funde von Geräthen oder Menschenknochen gehören in Nordamerika dem letzten Abschnitte der grossen Vereisung an. Während der Abschmelzperiode folgte der Mensch dem nach Norden weichenden Eisrande und breitete sich in den grossen Flussthälern aus, wo er auch mit dem Mammuth, das von Asien aus vorgedrungen war, zusammentraf. Ein eigenthümlicher Fund, der auf der Insel Petite Anse im Mississippi, Louisiana, gemacht ist, lässt die Cultur dieser palaeolithischen Menschen in günstigem Lichte erscheinen. Ein Steinsalzlager wird dort von glacialen Kiesen u. s. w. bedeckt; in diesem Diluvium lagen Mammuthknochen, wie man sagt, in richtiger Orientirung, als wäre ein ganzes Thier hier eingebettet worden. Ueber dem Mammuth und über dem Salze traf man geflochtene Matten und Körbe aus Rohrgeflecht an. Der Lage nach würden sie der Interglacialzeit angehören. Ob aber der Schluss, dass die damaligen Menschen sich Salz in diesen Körben geholt haben, gerechtfertigt ist, sei dahingestellt.

Die Entwickelung des Menschen bewegt sich, wo wir von ihr erfahren, in Bahnen, die der europäischen fast parallel gehen. Die ältesten Funde liegen im Süden und Westen, während der Norden bis weit herab an der atlantischen Küste durch das Inlandeis kahl gefegt ist. Erst in der Interglacialzeit macht sich das Vordringen des Menschen wieder bemerklich, in der Abschmelzperiode dehnt er sich mächtig aus, und in der neolithischen Zeit reichen seine Spuren bis nach Alaska hinauf. Die Cultur erscheint überall in denselben Formen. Die Steingeräthe wurden von amerikanischen Forschern mit den französischen Typen verglichen; Pfahlbauten sind im Naaman's Creek (Delaware), Kjökkenmöddinger an vielen Punkten der Küste und auch in den Thälern der grossen Flüsse entdeckt. Ein Zusammenhang der diluvialen Völker der alten und neuen Welt kann trotzdem nur im Tertiär gesucht werden, wenigstens liegt kein Anhalt vor, dass etwa asiatische Urstämme von dem Eise nach Amerika gleichsam hineingedrängt seien, wie das Mammuth in der Diluvialzeit sowohl nach Japan wie nach Nordamerika getrieben ist. Nach dem Rück-

zuge des Eises in die polaren Gegenden war auch die Brücke zwischen Asien und Amerika schon zerstört.

Das hohe Alter der Funde in Californien und Nicaragua lenkt aber die Gedanken auch nach anderer Richtung, und man mag über die Altersschätzungen, die Ameghino an den Schichten der sogen. Pampasformation angestellt hat, denken wie man will, so lässt sich doch das Auftreten des Menschen im südamerikanischen Tertiär kaum mehr anzweifeln. Ein Vordringen der amerikanischen Stämme von Süden nach Norden, sodass sie im Anfange der Quartärzeit auch in Nordamerika auftauchen, harmonirt mit allen Thatsachen; die Annahme einer Einwanderung vom Norden her muss diese selbst ins Tertiär zurückverlegen.

Schon Séguin erwähnt menschliche Reste aus dem Pampaslehm am Rio Carcaraña, Lund machte zahlreiche Funde in den Höhlen von Minas Geraes und am Lagoa do Sumidario, und Ameghino stellte das Dasein des Menschen in vielen quartären Ablagerungen fest. Der Mensch überlebte alle jene grossen Säugethiere, die Typotherien, Scelidotherien, Glyptodon, Hoplophorus, Macrauchenia u. a., und selbst von den Thieren, die ihn ins Quartär begleiteten, sind viele ausgestorben, wie das Mastodon, Mylodon, Megatherium und das Pferd, das erst viel später wieder eingeführt wurde. Die Artefacte des sogen. Piso platense (Unterquartär) werden als palaeolithisch bezeichnet und mit dem Acheuil-Typus oder Chelléen verglichen. Im jüngeren Quartär, das aber auch noch Reste von einigen inzwischen ausgestorbenen Hirschen und Palaeolama enthält, werden die Feuersteine denen des Moustiérien ähnlich. Die Schädel sollen vom Typus des Neanderthals sein. Die riesigen Muschelhügel, die in Brasilien Sambaquis genannt und seit Jahrhunderten geradezu als Kalklager ausgebeutet werden, fallen aber jedenfalls wie die entsprechenden Kjökkenmöddinger Nordamerikas in die jüngere Steinzeit.

Schlusscapitel.

Wir stehen am Schlusse der Geschichte der Vorwelt; aus der täuscheuden Ruhe der Gegenwart lassen wir die Gedanken rückwärts schweifen und den gewaltigen Eindruck des unaufhaltsamen Wechsels auf uns wirken. Wo liegen die Triebfedern des Werkes, welches sind die Gesetze, welche die Erscheinungen regeln?

Eine befriedigende Antwort ist für jetzt unmöglich. Schroff stehen sich die Hypothesen gegenüber, welche die Bewegungen der Erdrinde und die Aenderungen in der Vertheilung von Land und Wasser zu erklären suchen, immer schärfer ertönt der Widerspruch gegen die Annahmen des Darwinismus. Weder im Bereich der Geologie noch in dem der Palaeontologie lassen sich die beobachteten Thatsachen so unzweideutig gruppiren, dass man auf das Wesen der gestaltenden Kräfte oder auf die Gesetze, nach denen sie wirken, mit Sicherheit schliessen könnte. Je fester man sich aber an die Beobachtung anschliesst, um so klarer und weiter wird der Ausblick, um so freier das Urtheil. Jede Hypothese, welche in vorauseilendem Fluge die Schwierigkeiten vernachlässigt und meint, dass sie später von selbst sich lösen werden, wenn nur erst der einheitliche Gesichtspunkt gewonnen ist, legt eine Binde um unsere Augen. Wer sagt uns ausserdem, dass alles einheitlich erklärt werden kann? Es ist unser Wunsch, dass die Gesetze der Erde einfach seien, aber nichts berechtigt, das zu fordern. Angestrengteste Einzelarbeit, unermüdliches Sammeln von Thatsachen kann allein den Boden schaffen, aus dem eine klare Weltanschauung sich entwickeln mag, nicht das geistreiche Spiel der Deduction, welches schliesslich nur den Einzelnen subjectiv befriedigt, weil es ihm zu einer Abrundung seiner Ideen verhilft, nach der wir in einer gewissen Schwächlichkeit des Empfindens alle streben. Ein jeder wird die Erscheinungen, wie es ihm recht dünkt, mit einander verbinden, aber damit ist das Gesetz, das sie beherrscht, nicht gefunden.

Nicht in Verneinungen soll dieses Buch sich verlaufen, aber ich halte es für meine Pflicht, dieses Ignoramus in die Schlussbetrachtungen einzustellen. Das Ignorabimus braucht uns darum nicht zu schrecken.

Die Grundanschauung, die mich bei der Bearbeitung des Materiales leitete, ist ein scharf ausgeprägter Actualismus. Nirgends sehe ich in der Geschichte der Organismen, soweit sie uns zugänglich ist, Factoren eingreifen, die sich von den heute noch wirkenden principiell unterscheiden, und auch für die nachweislichen Verschiebungen der Meere genügen dieselben Kräfte, welche die Höhenlage der Gesteinsschichten ändern, ohne dass wir zu periodisch auftretenden, durch kosmische Einflüsse hervorgerufenen Constellationen unsere Zuflucht zu nehmen brauchen. In der festen Erdrinde gehen Verschiebungen und Zerreissungen vor sich, die durch Jahrtausende in der Stille fortwirkend zu hohen Beträgen sich häufen, oft aber auch in plötzlichen Erschütterungen, als Erdbeben sich geltend machen. Diese Dislocationen liegen den Senkungen ausgedehnter Schollen wie dem Faltenbau der Hochgebirge zu Grunde. Sie müssen ständig die Grenzen zwischen Festland und Meer verrücken und können auch in dieser Hinsicht eine Erdgegend vollkommen umwandeln. Dass tectonische Bewegungen des Landes auf das Meer zurückwirken müssen, kann nicht geleugnet werden, es fragt sich nur, ob dieser Zusammenhang den Schlüssel für alle Schwankungen des Meeres giebt, welche die Erdgeschichte so grossartig enthüllt. Manche Küsten verrathen sich durch ihren Aufbau als die Ränder alter Einsturzgebiete, und der Umfang dieser Einstürze ist so bedeutend, dass schon hier ein merklicher Einfluss auf die Niveauverhältnisse angenommen werden kann. Jeder Einsturz setzt einen Hohlraum in der Tiefe voraus, und die Masse des auf die Oberfläche gedrängten vulcanischen Materiales ist in vielen Ländern, z. B. in Dekkan, so gross, dass die Existenz solcher Hohlräume wohl glaublich erscheint. Es giebt aber noch gewaltigere Senkungen. Die zur Jurazeit vorhandene brasilianisch-äthiopische Masse, der indisch-südafrikanische Continent, das arctische Festland — sie alle haben ausgedehnten Weltmeeren Platz gemacht. An dem Niedergehen dieser Massen können nachgeschaffene Hohlräume kaum betheiligt sein, sondern hier handelt es sich um dieselben Bewegungen, welche die Bildung der oceanischen Becken eingeleitet haben und sie nun weiter ausbauen. Wenn durch solche Senkungen ein atlantisches Meer entstehen konnte, so ist eine Rückwirkung auf das allgemeine Niveau selbstverständlich. Senkungen im Gebiete der Festländer können wiederum den Einbruch des Meeres zur Folge haben; zu wiederholten Malen sehen wir einen breiten Meeresarm sich durch Russland oder Sibirien gegen die Mittelmeerregion wenden. Den grossen Senkungen müssen aber auch Hebungen entgegenstehen und Hebungen der Meeresböden können zu weit ausgreifenden Transgressionen des Meeres führen.

Ich will nicht wiederholen, was ich in früheren Capiteln über die klimatischen Verhältnisse der Vorzeit geäussert habe; weder für die Annahme vorwiegend insularer Gestaltung der alten Festländer, welche ein mildes Klima nach sich zog, noch für die Voraussetzung grösserer Eigenwärme der Erde oder grösserer Wärmezufuhr durch die Sonne vermag man die nöthigen Anhaltspunkte beizubringen. Zu cambrischen Zeiten schon stossen wir auf die Anzeichen gewaltiger continentaler Massen; je nachdem diese sich verbanden oder trennten, mag der Einfluss des Meeres, mögen seine warmen Strömungen mildernd auf das Klima gewirkt und selbst aus polaren Breiten den eisigen Winter ferngehalten haben.

Die Geschichte des organischen Lebens konnte nur stückweise verfolgt werden. Sein Erwachen verlegen wir auf unsere Erde, in die randlichen Zonen der Oceane, aber wir können weder den Zeitpunkt bezeichnen noch die ersten Organismen definiren.

In dem Urgneiss, der in Verbindung mit dem ihm physikalisch und genetisch verwandten Granit die Unterlage der Festländer bildet, betreten wir Theile der ersten Erstarrungskruste. Die Zeit, in der die gluthathmende Erde sich mit ihr bedeckte, kannte das organische Leben nicht. Die ganze, vielverschlungene Geschichte der Organismen, von der Entstehung der niedersten protoplasmatischen Wesen an bis zu unseren Tagen, liegt diesseits jener uns wohl erkennbaren Grenze, aber dennoch bleibt das Erwachen des Lebens in undurchdringliches Dunkel gehüllt, ein Mysterium, über das wir nur Vermuthungen anstellen können. Wie es scheint, kennen wir die Gesteine noch nicht einmal, welche die Kluft zwischen dem Fundamentalgneiss und den ersten versteinerungsführenden Sedimenten petrographisch oder geologisch ausfüllen sollten. Wir kennen sie noch nicht, werden sie vielleicht nie kennen lernen, wenn sie, uns ephemerem Geschlechte unzugänglich, unter den oceanischen Böden oder in den Tiefen der Festländer verborgen liegen, und wäre es uns vergönnt, diese Zeugen des ersten Lebens zu befragen, so würden wir keine Antwort erhalten, da diese zartorganisirten, weichen Geschöpfe nach ihrem Tode spurlos vergingen. Die mannigfaltigen Einflüsse, denen die Gesteine nach ihrer Bildung ausgesetzt sind und die sich im Metamorphismus des ursprünglichen Zustandes äussern, haben oft selbst in jugendlichen Gesteinen die Formen der Einschlüsse bis zur Unkenntlichkeit entstellt; in ganz alten Schichten der Erdrinde mag die Entstellung zur völligen Vernichtung führen, wie sie den Habitus des im Wasser abgesetzten Gesteines in den eines aus Schmelzfluss erstarrten verkehren kann.

Lassen wir die Entwickelung der Organismen, soweit die Palaeontologie sie beleuchtet, an uns vorüberziehen, so sehen wir schon auf dem ersten Bilde, welches die cambrische Zeit zusammenfasst, breitschichtig und mannigfaltig angelegtes Leben. Der Ursprung organischen Seins wird uns nicht enthüllt, auch nicht jene Zeit, in welcher nur die einfachsten Thiere die Erde belebten. Von den Protisten an bis zu den hoch entwickelten Arthropoden und Mollusken sind die Stämme des Thierreichs vertreten und nachdem in untersilurischen Schichten Reste von Ganoïdfischen gefunden sind, wird die Annahme des Daseins von Wirbelthieren schon während des Cambriums zur Nothwendigkeit. Nicht in einem einzigen Falle treten uns Formen entgegen, welche gleichsam verkörperte Familienschemata sind, durch Eigenschaften ausgezeichnet, welche eine directe Entwickelung der Eigenschaften aller Nachkommen auf dem einfachen Wege der Arbeitstheilung und Differenzirung zulassen, sondern Specialisirung und Anpassung an die ganze Summe der andrängenden Einflüsse beherrschten damals wie jetzt die Organismen. Die Entwickelung bewegt sich in vielfach verschlungenen Bahnen, nicht einfach geradlinig, und dem entspricht ein beständiger Wechsel in der Ausbildung einzelner Organe.

Wann zum ersten Male auf dem Festlande Leben sich verbreitete — das kann Niemand beantworten. Zu unzähligen Malen sind Thiere aus der Uferzone in die feuchten Strandregionen und von dort in das innere Festland mit seinen eigenartigen Bedingungen eingewandert. Höheres Thierleben ist hier enger als im Meere an die Entfaltung der Vegetation gekettet; vom Devon an kennt man die Reste sicherer Landpflanzen, Calamarien und Farne, deren hohe Organisation wiederum weit in die Urzeit zurückdeutet. Insectenleben ist zur Zeit der Steinkohlenpflanzen hoch gesteigert, aber auch schon im Devon sind Myriapoden, Scorpione und beschwingte Grad- und Netzflügler gefunden, ja selbst im Silur treten neben Scorpionen schon die Netzflügler auf. Wenn man bedenkt, dass die Organisation der Scorpione ganz auf Insectenfang zugeschnitten ist, welche Anforderungen an die Gestaltungskraft des Körpers gemacht werden, um Flugorgane zu produciren, wenn man ferner erwägt, dass der Ursprung der Arthropoden wiederum wahrscheinlich im Meere zu suchen ist, sodass die Vorfahren der fliegenden Insecten vom Wasser aus erst das Land und dann das Reich der Luft eroberten, so drängt sich die Idee auf, ihnen eiu mindestens so hohes Alter zuzuschreiben, als den ältesten cambrischen Meeresthieren. Nicht genug kann auch die Thatsache betont werden, dass man schon im Devon die Larve eines Neuropteroiden Insects, Archaeoscolex corneus, gefunden hat, da bekanntlich die

Verwandlung der Insecten mit klimatischen Einflüssen in Verbindung gebracht wird. Aus dem Carbon sind Gänge von Minirraupen an Farnpflanzen nicht selten, auch Bohrgänge von Käfern werden erwähnt.

Wasser und Land sind seit undenkbar langen Zeiträumen von Organismen bewohnt. Als die Gneissdecke sich bildete, konnte noch kein lebendes Wesen athmen; als die Gesteine der cambrischen Formation sich niederschlugen, begruben sie Reste einer gestaltenreichen, hochentwickelten Thierwelt. Hier liegt eine Lücke, die wir niemals ganz überbrücken werden.

Auch der Entwickelungsgang eines einzelnen grösseren Stammes ist keineswegs klar zu verfolgen. Die Classen und selbst die Ordnungen lassen sich weiter zurückverfolgen, als man früher gedacht hat, und von manchen Typen, die man im Drange der Darwinistischen Ideen glaubte aus einander ableiten zu können, weiss man jetzt, dass sie lange Zeiten neben einander lebten, und vergebens spähen wir nach dem Schnittpunkte der Linien.

Das erste Auftreten der grösseren Gruppen vermögen wir in keinem Falle sicher zu bestimmen. Ein plötzliches Erscheinen ist der allersicherste Beweis, dass der Faden des Zusammenhanges uns aus der Hand gleitet. Wenn die geschäftigen Wogen sich in das Land hineinnagen, so verändern sich vielgestaltig die Umrisse des Meeres, es wandern die Oceane über das Felsgerüst der Erde und mit ihnen wandern die Seethiere. Auf neuerschlossenen Wegen halten Fremdlinge ihren Einzug in Gewässer, die nie vorher ihresgleichen kannten, und vergeblich spähen wir umher, die Heimath dieser Colonisten zu ergründen. Allzuviel verdeckt uns das Meer; die Schlüssel zu vielen Problemen ruhen, der Menschheit verloren, auf seinem Grunde. Jede grössere Bewegung in den vom Meere bespülten oder bedeckten Theilen der Erdrinde, in den Wandungen der grossen Wasserbehälter, zieht solche der Gewässer nach sich und bringt die Faunen in Bewegung. Wo das Meer sich beständig vertieft, entweichen die Thiere, welche an die in der Nähe der Küsten herrschenden natürlichen Bedingungen gebunden sind, und es finden sich die Bewohner der Hochsee ein. Die auf dem Meeresboden angehäuften Absätze schliessen lückenlos an einander, und doch werden die höheren, jüngeren eine Fauna enthalten, welche sich von der ihr vorhergehenden nicht ableiten lässt. Diese Transgression der Faunen ist wohl noch häufiger die Ursache der sog. Invasionen neuer Formen als die active Wanderung, die sich meistens auf das Ausschwärmen einzelner Gattungen oder Arten beschränkt, oder als klimatische Schwankungen. Freilich giebt es in der Natur keine kategorischen Trennungen, sondern alles greift in einander.

Man könnte sagen, dass die Abscheidung der grossen Gruppen mit der Bildung von Arten, ja von Varietäten einer Art beginnen musste, sodass es überhaupt unmöglich wäre, gleichsam die Geburt einer grösseren Abtheilung festzustellen. Zu einer solchen wurde sie erst durch die fort und fort arbeitende Entwickelungsgeschichte. Diese erzeugt an sich nur Veränderungen der Arten, nicht aber Familien oder Ordnungen, die im künstlichen Systeme nach ähnlichen Eigenschaften abstrahirte Begriffe, im ideal natürlichen genealogische Zusammenfassungen sind. Wo wir im Stammbaum einen grossen Ast vom gemeinschaftlichen Stamme entspringen lassen, lag in Wahrheit nur die Abgliederung einer Varietät vor, und an den Convergenzpunkten sind die Angehörigen getrennter genealogischer Linien einander ähnlicher, als Ahnen und Nachkommen eines Aeonen hindurch fortgepflanzten Reises. Das ist theoretisch richtig, die Palaeontologie liefert aber viele Hinweise, dass die Umwandlung der Arten von Zeit zu Zeit rascher von statten ging; nicht in Folge von Schöpfungsacten oder von Kataklysmen, sondern in Folge physikalischer Veränderungen, oder des Wechsels im Geschicke anderer Organismen, welche in die Lebenssphäre einer Art bedeutend hereinragten.

Dieses rasche Anschwellen der Gruppen ist von Invasionen nur dann mit Sicherheit zu unterscheiden, wenn das Abstammungsverhältniss von einer anderen klar gelegt oder doch wahrscheinlich gemacht werden kann, wenn also die Uebergangsformen fossil erhalten sind.

Die Beispiele zeitlich auf einander folgender und lückenlos verknüpfter Arten haben sich in dem letzten Jahrzehnt sehr gemehrt. Es sind Mutationsreihen beschrieben, welche die berühmte der Paludina multiformis von Steinheim an Sicherheit und Bedeutung weit übertreffen. Dennoch fehlen zwischen den weitaus meisten Arten die verbindenden Zwischenglieder. Die Lückenhaftigkeit der palaeontologischen Ueberlieferungen wird auch kaum gestatten, das Fehlende allmählich zu ergänzen. Viele Länder sind kaum von eines Sammlers Fuss betreten und es mag dort noch manche Ernte zu erwarten sein, aber ungeheuer sind die Beträge geschichteter und versteinerungsführender Gesteinsmassen, die durch Verwitterung, Regen, Flüsse und Meer zerstört und abgeschwemmt, für einen neu beginnenden Kreislauf wieder eingefordert sind, und ganz unübersehbar, was vom Meere wieder verschlungen ist. Von den Anlandungen eines alten indischen Meeres zur Kreidezeit sind allein die schmalen Streifen bei Natal und bei Trichinopoli an der indischen Ostküste erhalten. Aus den Tiefen des Eismeeres, zwischen Grönland und Spitzbergen, hat das Schleppnetz Belemnitenreste der oberen Kreide herauf-

geholt, die an den Küsten jener Gegend weit und breit nicht anstehend bekannt ist. Das Archiv, aus dem wir unsere Belehrung schöpfen, ist zum grössten Theil zerstört, von dem Reste nur ein Bruchtheil zugänglich. Noch manches kommt hinzu. In wenigen Meeresgebieten wird die Neubildung der Gesteine gleichmässig fortschreiten; meist wechseln Zeiten schnellen und bedeutenden Absatzes mit solchen ab, wo nur spärliches Sediment zu Boden sinkt oder von Meeresströmungen fortgefegt wird. Die versteinerungsreichen Schichten lassen deutlich erkennen, wie die Einbettung der Thiere mit grosser Schnelligkeit erfolgt ist; die Ichthyosauren-Schiefer Schwabens und Englands mögen als Beispiele nochmals genannt sein. Hier ist ein reiches Thierleben mit historischer Treue festgehalten. Dann kamen Zeiten, wo die Niederschläge an Schlamm und Kalk geringer wurden; die Leiber der absterbenden Thiere blieben lange Zeit unbedeckt auf dem Meeresboden liegen oder waren gar ein Spiel der Wellen. In solchen Gesteinen ist die Ausbeute an instructiven Versteinerungen gering, und wenn wir weiter in der Höhe wieder auf eine versteinerungsreiche Schicht stossen, so fehlen uns bis dahin eine Menge vermittelnde Formen. Wo bei sinkender Bewegung einer Küste den Brandungswogen immer neue Flächen geboten werden, an denen sie ihr Zerstörungswerk betreiben können, wo das Meer den Steilrand des Ufers immer weiter in den Continent hineintreibt, und mit grobem Schutt und Geröllen den Boden überdeckt, da wird von den kalkigen Hartgebilden der Thiere sich nur wenig erhalten können. Sie werden zerrieben, zerstört, oder durch die später in den porösen Absatzgebilden sich bewegenden Sickerwässer ausgelaugt. Andere Lücken in der Reihenfolge der Organismen werden durch jene grossen Bewegungen gerissen, die wir als Transgression der Faunen bezeichneten. An sich nur local macht die Wirkung dieser Erscheinung sich doch oft weithin fühlbar; ich erinnere an das plötzliche Auftauchen der Clymenien in den oberdevonischen Schichten. Die Zwischenglieder, welche diese Formen mit anderen Cephalopoden verketten, sind uns bis jetzt unbekannt; wir würden nur dann Hoffnung haben, solche zu erhalten, wenn wir die Absätze der Meeresprovinz entdeckten, welche jene Wanderer abgestossen hat. Es ist so offenbar, dass das der Palaeontologie zu Gebote stehende Material von seiner Einbettung in die Gesteine an ausserordentlich lückenhaft ist und dass es durch zahlreiche andere Umstände noch mehr zerstückelt ist, dass wir gar nicht nöthig haben, den Mangel an Zwischenformen durch Gesetze der Entwickelungsgeschichte zu erklären.

Dass rasch vorübereilende Gleichgewichtslagen einer sich ändernden Art auch weniger zu dem Materiale beisteuern, welches die Versteinerungen

liefert, ist ersichtlich, und selten ist es uns vergönnt, den ganzen Umprägungsprocess in allen seinen Stadien zu verfolgen. Dennoch existiren solche Beispiele, und ob die aufgedeckten Mutationsreihen kurz oder lang sind, die Thatsache der Entwickelung der Arten aus einander wird durch sie auf das Bündigste bestätigt.

Helleres Licht fällt durch die Forschungen der verbündeten Geologie und Palaeontologie auch auf das Wie? dieses Entwickelungsganges. Besonders bemerkenswerth ist der Umstand, dass die Wurzelformen, welche Schösslinge getrieben haben, durchaus nicht immer absterben und durch die neugebildeten Arten in der Schöpfung ersetzt werden. Es giebt Beispiele völliger Transformation der Arten, wo das Alte gleichsam im Neuen aufgeht und weiter lebt, obwohl die Beschaffenheit unserer Urkunden uns nicht gestattet, hierüber mit völliger Sicherheit zu urtheilen. Es giebt aber zahlreiche Beispiele, wo eine Wurzelform A sich neben ihren Schösslingen B und C erhält, und man hat auch den Fall beobachtet, dass sie sich lebensfähiger erwies als die neuen und unter einander stärker als von A verschiedenen Formen, und dass diese nach einiger Zeit wieder erlöschen, während die Stammform ungeändert weiter lebt.

Hieraus geht auch hervor, dass eine wiederholte Entstehung desselben oder in gleicher Weise von der Stammform abweichenden Typus möglich ist; das Material, aus dem er sich bilden kann, bleibt erhalten, und eine von Zeit zu Zeit sich wiederholende ähnliche Constellation der Lebensbedingungen ist möglich, da in dem physikalischen Verhalten der Erdrinde seit uralten Zeiten, so lange wir die Entwickelung der Organismen rückwärts verfolgen können, sich nichts geändert zu haben scheint. Anders läge der Fall, wenn die älteren Ansichten Recht hätten, dass in den Wärmeverhältnissen des Erdballes und seiner Rinde oder in der Zusammensetzung der Atmosphäre und des Meerwassers in den historischen Zeiten der Geologie Veränderungen principieller Art sich vollzogen hätten. Dann wäre die von der Aussenwelt auf die Organismen wirkende Beanspruchung eine sich constant ändernde Grösse, und Recurrenzen der Form, die an sich schon zu den Seltenheiten gehören, ausgeschlossen. Wir haben mehrere Fälle solcher Wiederholung namhaft gemacht. Glattschalige Arten der Gattung Paludina wandelten sich in den Binnengewässern des Wealdens zu eigenartig verzierten um, für die eine besondere Gattung, Tulotoma, errichtet ist, und in derselben Weise entstand diese Tulotomagruppe nochmals viel später in den Binnengewässern der jüngsten Kreidezeit und im Tertiär. Das Studium der Pleurotomarien, der Euomphalen und der planulaten Ammoniten führt auf analoge Beispiele.

Die wiederholte Entstehung eines bestimmten Formencomplexes aus einem wenig geänderten Grundstocke ist weit verschieden von dem rein hypothetischen Falle der polyphyletischen Anlage einer Gattung. Die Behauptung, dass das Pferd sowohl in Amerika wie in Europa als identes Endglied zweier unter sich verschiedener Ahnenreihen entstanden sei, beruhte auf einer Täuschung; es wäre schlimm bestellt um unsere Hoffnung, einen Einblick in den natürlichen Zusammenhang der Organismen zu gewinnen, ein natürliches System zu schaffen, wenn verschiedene genealogische Linien ständig convergirend in eine zusammenflössen, wenn also die Divergenz der Charactere, welche an der Fortentwickelung einer jeden dieser Linien arbeitet, ursprünglich Ungleiches zur Identität hinüberleitet.

Wo wir von polyphyletischen Gattungen oder Gruppen irgend welchen Ranges reden, handelt es sich immer um den Fall, dass nach bestimmten, in die Augen fallenden Merkmalen Formen vereinigt sind, die in anderen, weniger beachteten, sich ebenso bestimmt unterscheiden. Die Convergenz in einzelnen Organen oder im Habitus des Körpers kann schwerlich zu einer Aufhebung ursprünglicher Verschiedenheit führen. Die Gruppen der Edentaten, der Rochen u. a. sind eben künstliche Zusammenfassungen, daher ihr polyphyletischer Ursprung nicht befremdend. Anders steht es mit zahlreichen kleineren Abtheilungen unter den beschalten Mollusken. Hier können wir eine weitere Zertheilung nach morphologischen Merkmalen oft nicht durchführen und doch erweist die Palaeontologie, dass verschiedene genealogische Linien hier zusammengeflossen sind. Aber wie unbedeutende Theile des Körpers liegen vor! Es wäre um so gewagter, aus dem gleichen Typus der äusseren Schalen auf eine gleiche Ausgestaltung des ganzen Thieres zu schliessen, als man sehr wohl weiss, dass z. B. sehr verschiedenartige, im Systeme weit von einander abstehende Gastropoden ihren Körper durch gleich gestaltete Schalen decken. Indem wir annehmen, dass es sich bei dieser polyphyletischen Gleichmachung nur um die Form des einen Organes, und zwar von Hartgebilden, handelt, welche bei allen diesen Thieren in gleicher Weise ausgeschieden werden, also ein im Princip gleichgeartetes Material bilden, fallen auch diese Erscheinungen in das Gebiet der viel besprochenen Convergenz, der wir so häufig begegnen.

Ein Grundprincip der Darwin'schen Entwickelungslehre ist, wie bekannt, die stetige **Divergenz der Charactere**, welche die durch Varietätenbildung in einer Art entstandenen Spalten immer weiter treibt. Anfangs kaum bemerkbare Verschiedenheiten nehmen zu, die Rassen und Varietäten entfernen sich von ihren Stammeltern, bis sie nicht allein von der Art ganz

abzuscheiden sind, sondern sogar iu andere Gattungen, Familien und Ordnungen des Systems eingereiht werden müssen. „Je weiter“ sagt Darwin, „die Abkömmlinge einer Species in Bau, organischen Verrichtungen und Lebensweise auseinandergehen, um so besser sind sie geeignet, viele und sehr verschiedene Stellen im Haushalte der Natur einzunehmen und somit an Zahl zuzunehmen.“

Hier wie überall steht Darwin auf dem Boden der Annahme, dass die Wechselbeziehungen der organischen Wesen zu einander bei weitem die wichtigsten sind. Dennoch meine ich, dass in der Geringschätzung, mit welcher der Einfluss der umgebenden Natur behandelt wird, eine Schwäche der Lehre liegt. Die grosse Abhängigkeit der organischen Form von den physischen Verhältnissen drückt sich besonders in den sog. Convergenzerscheinungen aus.

Sie sind eine der stärksten Stützen der Lamarck'schen Entwickelungslehre, denn sie beweisen, wie unendlich viel für die Ausgestaltung des thierischen Körpers vom Gebrauche der Organe und von den äusseren Lebensbedingungen abhängt.

Als Convergenz bezeichnen wir es, wenn zwei oder mehr Formen, welche deutlich, oft weit geschieden sind und deren Entwickelungsrichtungen divergiren, in irgend einer Eigenschaft oder in vielen sich einander nähern. Gewöhnlich ergiebt sich leicht, dass die Lebensweise, d. i. eben der Ausdruck ihrer Beziehungen zur ganzen Natur, hier in massgebender Weise eingewirkt hat. Sie kann in grossen Zügen oder in Einzelheiten modelliren, sie kann bei grundverschiedenem Bau zwei Formen den gleichen Habitus verleihen, und sie kann bei sehr von einander abstechenden Gestalten bestimmte Merkmale in überraschender Weise gleichartig herausarbeiten.

Schlagend sind die Beispiele aus der Osteologie. Der Laufknochen der Vögel ist gebildet durch Verwachsung dreier, ursprünglich getrennter Metatarsalien; dasselbe trat ein bei den steppenbewohnenden Springmäusen, welche sich wie die Vögel hüpfend bewegen. Aus nur zwei Metatarsalien ist der Laufknochen der Wiederkäuer gebildet. Die machtvollen Schwingungen der zum Fluge eingerichteten vorderen Gliedmaassen der Vögel werden durch starke Brustmuskeln bewirkt und regulirt, und um diesen die nöthige Stützfläche zu bieten, musste das Brustbein eine bedeutende Umformung erleiden. Es ward zu einem breiten, gewölbten Schilde, der einen grossen Theil des Leibes deckt und von einem hohen Kiel durchzogen ist. Dieser Kiel bietet den Brustmuskeln den Hauptbalt; seine Höhe erscheint verringert, wo das Flugvermögen weniger ausgebildet ist, er fehlt ganz den Laufvögeln und

den Hesperornithen, nichtfliegenden Vögeln. Eine Carina fehlt auch den meisten, ein Brustbein besitzenden Wirbelthieren, kehrt aber wieder, etwas anders geformt, bei den fliegenden Sauriern und den fliegenden Chiropteren.

Die Dinosaurier, welche vorwiegend die Hinterbeine zum Schreiten benutzten, gewannen dadurch eine Form und Stellung des Beckens, welche so lebhaft an die der Vögel erinnert, dass lange an ein genetisches Verhältniss zwischen beiden so sehr verschiedenen Gruppen gedacht wurde.

Den Schwanzfedern der Vögel entspricht der Stellung und der Bewegungsart nach die Schwanzflosse der Knochenfische; in beiden Fällen verschmelzen die letzten Wirbel zu einem grösseren Knochen, welcher als Stütze dieses Apparates dient. Beutelthiere und Placentalthiere stehen systematisch weit aus einander, aber hier wie dort können wir nach der Form der Zähne Nagethiere, Raubthiere u. a. unterscheiden; gleicher Nahrungserwerb bedingt hier eine augenfällige Convergenz in der Form der Zähne. Die Fische, welche in rascher Jagd anderen ihrer Classe nachstellen, tragen auf den Kieferrändern hechelförmige Zähne, die zum Fangen vortrefflich, zum Kauen gar nicht geeignet sind. Solche Zähne hatten auch die meisten pelagisch lebenden Saurier, und solche Zähne bildeten sich aus einem ursprünglich viel weiter differenzirten Gebiss auch bei Delphinen und Walen aus, während bei den Alligatoren, die mehr und mehr terrestrische Gewohnheiten angenommen haben und in Südbrasilien die Gehöfte wie die Füchse umschleichen, die Zähne sich deutlich in spitze Fang- und stumpfe Kauzähne scheiden.

Schritt für Schritt führt das Leben im Meere eine Umbildung der Gliedmaassen zu Flossen herbei. Die Spindelform des Fischleibes kehrt als Convergenz bei Ichthyosauren, Robben und Walen wieder; der Körper wird durch schraubenähnliche Bewegungen der Schwanzflosse getrieben, und die hinteren Gliedmaassen, welche beim Balanciren und Steuern nicht die Dienste des vorderen Paares leisten, verkümmern und werden abgestossen. Auf dem Lande werden umgekehrt die Gliedmaassen zu complicirten Hebelapparaten für die Fortbewegung der Körperlast; hier ist es das hintere Paar, das am meisten beansprucht wird, und so sehen wir es bei Reptilien und Säugethieren in Folge gleicher Bewegungen ähnliche Formen annehmen.

Die Abhängigkeit der Gestalt von der Lebensweise zeigt sich uns auf Schritt und Tritt, es bleibt aber ein Hauptverdienst Darwin's, dass er dagegen opponirte, im organisirten Körper ein rückhaltlos dem Drucke des äusseren Lebens preisgegebenes Etwas zu erblicken, welches nach allen Seiten beliebig wie Wachs umgeformt werden kann. Keine Convergenz kann

zu einer Identität ursprünglich verschiedener Organismen hinüberführen. Jeder Organismus trägt ein Idiotikon in sich, das auch auf die Entwickelung mitbestimmend wirkt. Die von diesem Idiotikon gestatteten und von ihm geleiteten Abweichungen können an einzelnen Theilen eintreten, ohne nothwendig das Ganze zu afficiren. Dieser Satz wird häufig geleugnet, man hört aussprechen, dass jede Abweichung an irgend einer Stelle des Körpers sich nothwendig wie eine Welle über das Ganze ausbreiten müsse. Die unzweifelhafte Vererbung von Missbildungen, von der mir selbst Fälle im Leben bekannt geworden sind, beweist das Gegentheil.

Die Gesetze des Variirens und der Artbildung sollen hier nicht weiter besprochen werden; nur über das Aussterben der Thiere, ein Gebiet, das recht eigentlich als das der Palaeontologie gelten kann, gestatte ich mir noch einiges zu bemerken.

Man spricht von einem Zeitalter der Amphibien, der Reptilien, der Säugethiere, wo jede dieser Classen die herrschende war und die stärksten Thiere stellte, und man hat diese Ablösung der dominirenden Formen auch mit der Entwickelungsgeschichte zusammen gebracht. Die Gründe, welche den Wechsel herbeiführten, liegen allerdings mehr in entwickelungsgeschichtlichen Vorgängen, als in dem durch directe Befehdung erzielten Ueberwiegen im Kampfe ums Dasein. Es handelt sich nicht um einen mit Angriffswaffen geführten Vernichtungskrieg, sondern um ein Abwarten, während dessen die ältere Partei sich erschöpft, die jüngere stetig an Spannung und Energie gewinnt. So existirten die ersten Formen der Säugethiere, unscheinbare, aber gewandte, kluge Thiere, lange Zeit neben den riesigen Gestalten der Dinosaurier; erst mit deren Niedergange erfolgte ihre überraschende Entfaltung.

Das Absterben grosser, kräftiger Gruppen kann mehrere Gründe haben; allgemein ausgedrückt ist es die Disharmonie zwischen der Organisation und der Umgebung (im weitesten Sinne), welche das Ende herbeiführt. Eine solche Disharmonie kann entstehen durch plötzliche Aenderungen in der Umgebung. Dann bestürmen neue Impulse den Körper in heftigster Weise, aber selten wird der Organismus elastisch genug sein, dem raschen Tempo der Aenderungen in entsprechenden Umformungen zu folgen. Die Kräfte der Ausgleichung versagen. Das mag sowohl für rasche geologische und klimatologische Aenderungen gelten (wobei allerdings die Wanderungen berücksichtigt werden müssen), wie für einen Wechsel in der organischen Umgebung, Aussterben der Futterpflanzen oder der Nahrungsthiere, plötzliche In-

vasionen stärkerer Feinde. Die Schnelligkeit der Vertilgung schreitet rascher als die natürliche Züchtung. Wirken physikalische Aenderungen und feindliche Invasionen zusammen, so mögen auch anscheinend gefestigte Organismen zu Grunde gehen, denen bei weniger schlimmen Constellationen weitere Lebensfähigkeit nicht abzusprechen wäre.

Bei allmählichem Eintritte der Veränderungen, wie er für geologische die Regel ist, vermag die Variabilität des Körpers durch entsprechende Neubildungen oder Umformungen dem Verderben auszuweichen. Es kommt zu Erscheinungen, die man mit leicht teleologischem Beigeschmack als Anpassungen bezeichnet. Selbst Umformungen, die in weiterem Ausbau allmählich zu zweckdienlichen Organen werden, halten aber den Untergang einer Gruppe nicht auf, wenn dasselbe bei anderen Mitbewerbern in einfacherer, practischerer Weise oder rascher erzielt wird. Durch ihr Flugvermögen gewannen die Pterosaurier vor allen Reptilien einen Vorsprung, aber den Stamm der Vögel vermochten sie nicht zu erreichen, und so blieb dieser Versuch der Reptilien, in das Reich der Luft einzudringen, vergeblich, starben die Flugechsen wieder aus. Auf verschiedenen Wegen entwickelten sich die ursprünglich mit der ganzen Sohle auftretenden Hufthiere zu schnellen Läufern und wir wissen nicht, ob wir die Organisation der flüchtigen Gazelle oder des Pferdes mehr bewundern sollen; das Fussskelett der sog. inadaptiv reducirten Hufthiere war weit weniger zweckmässig umgeformt, auch diese Thiere sind in der Concurrenz unterlegen und ausgestorben. Anpassungen traten zwar ein und wurden von Generation zu Generation weiter geerbt und fortgeführt, aber es waren nicht solche, welche den Thieren hätten den Sieg verleihen können. Das Princip der natürlichen Züchtung kann in der Weise, wie es meist interpretirt wird, hier nicht angewendet werden zur Erklärung, sondern hier kann man besser von dem Beharrungsvermögen sprechen, welches einmal eingeleitete Modificationen oft in derselben Richtung sich entwickeln lässt selbst bis zum schliesslichen Verderben des Körpers.

Den Impulsen der Aussenwelt gegenüber verhalten sich die Organismen offenbar sehr verschieden. Die Gattung Lingula scheint die Eigenschaften ihrer Gattung seit cambrischen Zeiten beibehalten zu haben, im Kreise der Säugethiere hat fast jede Phase des Tertiärs grosse Umänderungen hervorgebracht und oftmals zu Anpassungen angereizt, welche bei abermaliger Aenderung in der Umgebung wiederum eine Reform nothwendig machten und schliesslich die Gestaltungskraft des Organismus so überbürdeten, dass sie versagte. Man kann in Bezug auf die Entwickelungsfähigkeit vier verschiedene Typen annehmen: Persistente, elastische, spröde und nachgiebige oder

weiche. Persistent nennt man Formen, die fast ungeändert enorme geologische Zeiten überdauern; elastische solche, welche sich leicht ändern, vielfach variiren, aber immer wieder in die alte oder eine ähnliche Gleichgewichtslage zurückschlagen, sobald die Momente, welche die Variation hervorriefen, nachlassen. Solche zeichnen sich durch grossen Artenreichthum aus, sind aber in ihren Grundeigenschaften auch persistent. Eine Grenze zwischen persistenten und elastischen Typen lässt sich überhaupt nicht ziehen, denn auch bei den persistenten Typen handelt es sich nicht um absoluten Indifferentismus der Organisation, sondern um ein beständiges, elastisches Oscilliren innerhalb sehr geringer Grenzen. Spröde Typen sind solche, welche nur ein sehr geringes Anpassungsvermögen entwickeln und daher bei Aenderung der Verhältnisse meist ohne Varietätenbildung zu Grunde gehen. Es handelt sich hier meist um Nebenreiser grösserer Stämme; sie sind also selbst ursprünglich durch Abweichung von einem anderen Typus entstanden, und man kann hier meist auch die Erklärung dieses Verhaltens in anderer Form geben, nämlich sagen, dass nachgiebige Typen zu einer Art der Organisation gebracht sind, welche einem abermaligen Wechsel der Lebensbedingungen nicht nachzufolgen vermochte. Nachgiebige Typen nennen wir also endlich solche, welche kein Streben zeigen, die gebildeten Abweichungen wieder abzustossen, wenn die Lebensverhältnisse nach einer bestimmten Modification sich wieder dem ursprünglichen Zustande nähern, sondern welche immer neue Gleichgewichtslagen annehmen, die Abänderungen häufen und allmählich in ganz neue Typen übergehen. Im Gegensatze zu dem Verhalten der elastischen Typen bildet sich hier oft eine scheinbare Entwickelungstendenz heraus, indem alle Impulse in eine bestimmte Richtung umgesetzt werden. Dies kann zu Uebertreibungen, Hypertrophien bestimmter Organe führen, oder zu schrankenloser Anpassung. Durch Beides wird der Körper in eine gefährdete Stellung gedrängt und bei einem abermaligen Wechsel der Lebensbedingungen ihm der Rückzug auf neutrales Gebiet schwer oder unmöglich gemacht. Dann geht die Art zu Grunde. Jede einschneidende Anpassung ist eine versteckte Gefahr für die Fortdauer des Typus. Am längsten haben sich solche Formen gehalten, die, in sich geschlossen, den umgestaltenden Kräften der Aussenwelt wenig Angriffspunkte bieten und von dem Wechsel der Umgebung nur im Nothwendigsten mitgezogen werden. Hierin liegt es auch begründet, dass Gruppen, die niemals auffallend grosse Formen producirt haben, langlebiger zu sein pflegen, als andere, und dass von Gruppen, welche kleine und Riesenformen umschlossen, die kleineren, unbedeutenden länger auszuhalten pflegen. Man kann auch das übermäs-

sige Wachsthum des Körpers im Ganzen unter dem Gesichtspunkte der Hypertrophie betrachten.

Im Meere zwar sind Riesenformen seit uralten Zeiten zu Hause, ohne dass man hier von Hypertrophie reden kann; das Medium gewährt nach allen Seiten weiten Spielraum, es erleichtert die Bewegungen und bietet reichliche Nahrung. Ein Walfisch schiesst pfeilschnell durch die Fluthen; einen ebenso langen und schweren Organismus auf dem Lande zu bewegen, bedarf es riesiger Muskelmassen und eines gewaltigen Knochengefüges der Glieder. Die rein vegetativen Vorgänge beherrschen schliesslich den Körper und überwuchern, ersticken die geistige Energie.

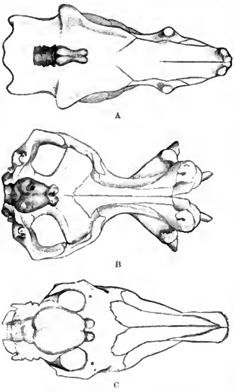


Fig. 117. A Dinoceras mirabile Marsh.
In den Umriss des Schädels ist der Ausguss der Gehirnhöhle eingezeichnet. ca. 1/12 n. Gr.
B Hippopotamus amphibius Linné. C Equus caballus Linné, ca. 1/9 n. Gr. Nach Marsh.

Marsh hat eingehende Untersuchungen über die Schädelhöhle der riesenhaften, schon im Eocän ausgestorbenen Dinoceraten angestellt und gelangt zu sehr bemerkenswerthen Resultaten. Die grössten Landsäugethiere des Eocäns besassen hiernach ein ganz auffallend kleines Gehirn; bei Dinoceras mirabile war es so klein, dass es durch den Rückenmarkscanal aller präsacralen Wirbel gezogen werden konnte. Dabei waren die Grosshirnhemisphären, obwohl gefaltet, sehr schwach entwickelt, und liessen das Kleinhirn offen liegen. Die geringe Grösse des Gehirns ist ein Zug, der alle tertiären, insbesondere aber die eocänen Säugethiere kennzeichnet; man kann, von ihnen ausgehend, etappenweise verfolgen, wie in den Stämmen, welche bis heute sich fortgepflanzt, hauptsächlich in denen, welche sich kräftiger

entfaltet haben, die Grösse des Hirnes, resp. der Hirnhöhle beständig an Umfang gewinnt, die grossen Hemisphären anschwellen, die Windungen sich compliciren. Bei Stämmen, welche zurückgehen und dem Aussterben verfallen, ist das Hirn kleiner als das Durchschnittshirn der gleichzeitig lebenden und überlebenden Thiere.

Das Reptiliengehirn ist an sich nicht voluminös; dennoch liessen sich ganz analoge Beobachtungen an den ausgestorbenen Vertretern auch dieser Classe machen. Wir sahen sogar, dass bei manchen der colossalen Dinosaurier, der Entwickelung der hinteren Gliedmaassen entsprechend, der Rückenmarkscanal in der Beckengegend so anschwillt, dass man von einem Sacralgehirn sprechen kann, dessen Volumen dem eigentlichen Hirn weit überlegen ist. Hier liegt ein deutlicher Hinweis auf die Ursache des Unterganges so kraftvoller Gestalten. Es braucht sich hier gar nicht um intellectuelle Fähigkeiten zu drehen, sondern nur um eine bestimmte Summe thierischer Energie; zweifellos sind Willensäusserungen von Einfluss auf den Ausbau des Körpers, und zweifellos wächst die Gefahr der Minderwerthigkeit bei der allgemeinen Concurrenz, je träger das Thier in seinem Wollen ist, je mehr der Körper dem Bereiche des Willens entrückt ist, und je übermässiger anstatt dessen die körperliche Masse vermehrt wird. Wir können sie uns nur als träge, plumpe Thiere vorstellen, welche in der Vegetation ihrer nächsten Umgebung durch die colossalen Futteransprüche geradezu Verheerungen anrichten mussten und doch ihre Weideplätze durchaus nicht rasch wechseln konnten. Welche Wirkungen musste es auf diese Thiere haben, wenn die üppige Vegetation der feuchten Gründe am Ende der Jurazeit allmählich durch Steppenlandschaften ersetzt wurde, wie durch den raschen Aufschwung der Hufthiere im Beginn des Tertiärs angedeutet zu sein scheint. So gesellen sich äusserliche Momente dem mehr innerlichen hinzu, um den Untergang zu beschleunigen.

Aber es giebt auch wohl ein Aussterben an Senilität, darauf deuten manche Beobachtungen im Gebiete der Palaeontologie hin. Schwer nur wird sich erkennen lassen, ob abnehmende Lebensfähigkeit den Untergang verschuldet oder ob eine Verkümmerung in Folge übermächtiger Concurrenz oder unerträglicher physikalischer Verhältnisse vorliegt, denn schrittweise mit dem Heraustreten der senilen Schwächen drängt auch die Umgebung härter und gewaltiger auf den Typus ein und die Beschleunigung des Unterganges wird dann meistens doch exogenen Umständen zuzuschreiben sein. Theils an Hypertrophien des Körpers, theils an Degeneration mögen die zahl-

reichen grossen Edentaten zu Grunde gegangen sein, deren Reste im Boden der Pampas begraben liegen.

Es hat sich die Ansicht herausgebildet, dass unsere Zeit nicht mehr fähig sei, derartige Riesengestalten zu erzeugen. Das ist nicht richtig; Walfische und Elephanten können mit allen Gestalten der Vorwelt concurriren, und wie die Thierwelt, sich selbst überlassen, in Zukunft ihre Gestalten potenziren könnte, ist gar nicht zu beurtheilen. Allerdings, seitdem der Mensch sich in so universaler Weise der Herrschaft über die Länder und ihre Producte bemächtigt hat, wie sie nie vorher ein organisirtes Wesen ausgeübt hat, sind die Tage der grossen Landthiere gezählt, und wenn die Thierwelt nicht die Existenz des Menschengeschlechtes überlebt, so wird auch kein Stamm einen ähnlichen Aufschwung wieder erleben, wie er vor dem Eingreifen des Menschen möglich war. Das kleine Gethier, welches seine Aufmerksamkeit weniger rege macht und sich ihr leichter entzieht, wird allein die Concurrenz erfolgreich durchführen. Schon in prähistorischen Zeiten scheinen mehrere grosse Formen durch die Menschen ausgerottet zu sein. Die Moas in Neuseeland, die Aepyornis in Madagascar spielen noch in die Erzählungen der Eingeborenen hinein, und auch Riesenhirsch und Urstier haben die diluviale Periode lange überlebt. In historischer Zeit hat dieser Vernichtungskrieg noch weit mehr Opfer gefordert und viele Thiere, die wir kennen, stehen schon im Aussterben und sind jedenfalls in ihren Wohngebieten sehr eingeschränkt. Schon 1829 schlug Reynolds die Zahl der jährlich in der Südsee erlegten Walfische auf über 10 000 an, und doch stehen diese Thiere als Meeresbewohner dem Menschen viel günstiger gegenüber als die Landthiere.

Die Art, wie das Aussterben sich hier vollzieht, ist eine ganz allgemeine Erscheinungsform des Kampfes um das Dasein. Ein überlegener Gegner, in diesem Falle der Mensch, tritt auf, und die grossen Formen werden zuerst vertilgt, weil sie die Aufmerksamkeit am meisten auf sich lenken und auch, weil sie am ehesten in ihren Lebensbedürfnissen, die dem Körper entsprechend ausserordentliche sind, eingeschränkt werden. Es handelt sich hier weniger um ein „Aussterben“, als um eine Ausrottung, wenigstens wissen wir nicht, ob nicht viele der grossen Thiere ohne das Eingreifen des Menschen sich noch lange geologische Zeiten würden erhalten und vielleicht andere Arten haben erzeugen können. Die unmittelbare Ausrottung begegnet uns in früheren Zeiten seltener; die Macht keines Thieres, keines Stammes reichte so weit wie die des Menschen und ein Ausweichen war leichter möglich. Um eine Ausrottung mag es sich bei dem Verschwinden der Ichthyosauren

handeln; in Körperbau und Grösse wenig geändert lebten sie bis in die letzten Phasen der Kreidezeit in einem Medium, dessen physikalische Eigenschaften sich nicht geändert haben und das ihnen nach wie vor Nahrung in Hülle und Fülle bot. Im Tertiär findet man sie nicht mehr; wir brachten das zusammen mit dem Erscheinen riesenhafter Haifische, die ihnen an Kraft, Waffen und Geschwindigkeit wahrscheinlich weit überlegen waren. Die weitgehende Umformung des Körpers und der Gliedmaassen, welche die Ichthyosaurier so vorzüglich befähigten, im Meere sich zu bewegen, machte ihnen einen Rückzug in die Flüsse oder auf das Land unmöglich. Die Anpassung, welche ihnen anfänglich einen Vorsprung vor anderen Concurrenten verschaffte, wäre also hier ihr Verhängniss geworden. Die Krokodiliden, deren Gliedmaassen weniger transformirt waren, haben sich allein von jenen grossen Reptilien der Jura- und Kreidemeere erhalten. So liegt in jedem Abweichen von dem altererhten Typus die Möglichkeit einer Gefahr, aber stete Aenderungen werden von der Aussenwelt erzwungen.

Darwin's und Lamarck's Entwickelungslehre, obwohl sie an die gleichen Erscheinungen anknüpfen, stehen sich principiell gegenüber. Darwin theilt den physikalischen Bedingungen des Lebens eine geringfügige Nebenrolle zu und löst die Welt der Organismen, indem er sie durch die complicirtesten Beziehungen zusammenschweisst, von der Umgebung ab. Diese Beziehungen können nur maschinenmässig wirken und die Willkür ist ausgeschlossen; wird ein Faden angezogen, so durcheilt die Bewegung das ganze Gewebe. Lamarck lehrt nicht allein die Abhängigkeit der Organismen von der ganzen Umgebung, sondern vor allem, dass der Bau der Thiere von ihrem Bestreben, sich mit den Veränderungen der Lebensbedingungen in Einklang zu setzen, abhängt.

Der Hochdruck, unter dem alle Organismen stehen und sich aneinanderpressen, ist eine Voraussetzung, die für viele Gegenden zutreffen mag, für viele aber auch nicht. Ein aus dem Ocean tauchendes Eiland, welches nach und nach seine Bewohner durch gelegentliche Einwanderungen erhält, ist von diesem Hochdrucke frei. Hier leben nicht so viel Organismen, wie der Beschaffenheit der Gegend nach existiren können, und wenn auch die eine eingewanderte Art durch rasche Vermehrung bald auf dem Maximum ihrer Individuenzahl ankäme, so beansprucht sie doch nur einen Theil der Natur, füllt diesen wohl nicht einmal aufs beste aus, und neben ihr bleiben zahlreiche Plätze frei. Dennoch nehmen diese eingewanderten Arten verhältnissmässig rasch neue Eigenschaften an, die aus ihnen der Insel eigene, endemische Arten machen. Die den Organismen innewohnende Veränderlichkeit, die mit dem Wesen der Zeugung aufs engste verknüpft ist, erhält

ihre bestimmte Richtung hier weder durch den Kampf ums Dasein, noch durch natürliche Züchtung, sondern durch directe Einwirkung der Umgebung. Dass physikalische und chemische Einflüsse (z. B. Belichtung und ihre chemischen Folgen) der gesammten Thierwelt einer Gegend einen bestimmten Stempel aufdrücken, ist bekannt; nur verwechselt man diese „regionalen" Färbungen oft mit „Schutzfärbung", wenn überhaupt eine solche in dem Sinne existirt, der ihr gegenwärtig so viel beigelegt wird. Die natürliche Züchtung, der Kampf ums Dasein sind wohl wenig dabei betheiligt; noch weniger darf man in versteckt teleologischer Weise eine direct dem Willen oder sagen wir dem Besten des Thieres nachfolgende Anpassung voraussetzen. Wohl aber dürfte die Annahme berechtigt sein, dass langanhaltende Reize oder periodisch wiederkehrende Impulse die Veränderlichkeit des Körpers in eine entgegenkommende Richtung dirigiren, in welcher sie nach dem Gesetze der Beharrung verbleibt. Dadurch wird manches schwierige Uebergangsstadium erklärt, welches die natürliche Züchtung unerklärt lässt, denn nun und nimmer wird eine Art durch ein Organ im Kampfe ums Dasein günstiger fortkommen, das erst im Entstehen begriffen ist. Ein Organ, das seine Function noch nicht erfüllt, ist nicht allein zwecklos, sondern ein Ballast; es muss gefüttert werden, Säfte werden dorthin geführt, welche die conservativere Art vielleicht viel ökonomischer verbraucht. Das sind eher Nachtheile als Vortheile. Anders verhält es sich ja mit der Anpassung vorhandener Organe an eine bestimmte Modalität, etwa der Augen an die schwach belichteten Tiefen der Meere.

Jenes Beharrungsvermögen der einmal stimulirten Veränderlichkeit erklärt, wie oben gesagt, die dem Palaeontologen wohlbekannte Thatsache übertriebener Abänderungen, an denen die Organismen zu Grunde gehen, weil sie die Anschmiegungsfähigkeit verringern oder illusorisch machen. Der Körper ist zuweilen durch diese einseitig begünstigten Wucherungen so überlastet, dass er schon an sich selbst zu Grunde geht, auch wenn die Umgebung stationär bleibt, so dass ein Wechsel der Lebensbedingungen unter allen Umständen verderblich wird. Eine kurze Blüthezeit der Art, bedingt durch eingehende Anpassung, rächt sich oft durch raschen Untergang, und überall sehen wir, dass die einfachsten Formen oder diejenigen, welche von der ursprünglichen Anlage sich am wenigsten haben abbringen lassen, die persistentesten sind. Das heisst aber, es ist nicht immer gut, jedem Wechsel der Lebensbedingungen, liege er nun in der Umgebung oder in dem Verhältnisse der Arten zu einander, durch Anpassung nachzugeben. Heisst das aber auch, dass die Organismen eine gewisse Selbstbestimmung haben?

Anpassungserscheinungen an sich können das nicht beweisen, denn sie zeigen nur, dass auf bestimmte Impulse organische Körper nach einer bestimmten Richtung reagiren. Das gilt auch von der berühmt gewordenen Thatsache, dass durch Vermehrung oder Verminderung des Salzgehaltes eines Aquariums dasselbe Thier zu sehr verschiedenem Aussehen und schliesslich wieder in den Anfangszustand zurückgebracht werden konnte. Wenn aber die für den Hummer characteristische Ungleichheit einer Scheere ebenso oft auf der linken wie auf der rechten Seite auftritt, so spricht das, wie Hyatt hervorhebt, schon sehr dafür, dass die Abänderung von der Eigenschaft oder Gewohnheit des Thieres abhing. Manche Thiere leben gesellig, manche einzeln, ohne dass hier ein grösserer Schaden, dort ein Nutzen ersichtlich wäre. Affen, welche verwundeten Gefährten den Dorn ausziehen, wunde oder schwache schützen, sprechen den Gesetzen des Kampfes ums Dasein Hohn. Durchbricht ja doch jeder Mensch, der davon Abstand nimmt, seinen Rechts- oder einen anderen Vortheil zu verfolgen, sowohl jenen wie das Gesetz des gegenseitigen Hochdruckes, unter dem alle Organismen stehen sollen.

Hyatt meint, dass diese Kraft individueller Triebe — und es herrscht beständig der Trieb, nicht nur dem Wechsel der Umgebung zu begegnen, sondern auch die Eigenarten auszuarbeiten — viel mehr betheiligt sei an der Gestaltung des ursprünglichen Baues, als natürliche Zuchtwahl, welche selten für eine Art eher in Frage kommt, als bis sie Zeit oder Gelegenheit genug gehabt hat, sich so zu vermehren, dass die Individuen einander drängen.

Man nennt Typen, die wenig verändert die geologischen Zeiten überstanden haben, indifferente, aber vielleicht ganz falsch. Der Indifferentismus liegt häufiger dort, wo den Impulsen gewissermassen gleichgültig nachgegeben wird, als dort, wo ein Organismus sich ihnen entzieht. Im Wechsel der Natur beständig zu bleiben, bedeutet nicht Indifferentismus der Anlage — diese würde willenlos verarbeitet werden —, sondern beständige und erfolgreiche Reaction gegen den Wechsel. Gerade hier spricht sich ein gewisses Streben im Körper sehr deutlich aus.

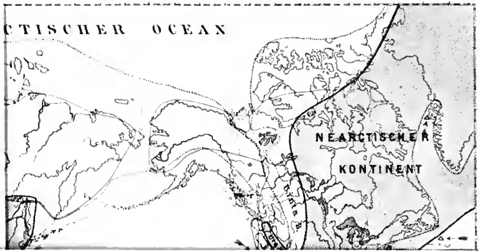
Die Palaeontologie hat zwei Aufgaben; als descriptive Wissenschaft wird sie versuchen, eine Uebersicht über die erloschenen Thiere und Pflanzen der Vorwelt zu liefern, die gedrängte Fülle des Materiales in ein natürliches System zu ordnen. Indem sie das von der Zoologie errichtete System ausbauen und erweitern muss, um ihrem Ziele gerecht zu werden, wirkt sie auch schon an ihrer zweiten Aufgabe, die Geschichte der lebenden Schöpfung zu schreiben, denn nur ein auf der Geschichte des Werdens gegründetes System lässt den natürlichen Zusammenhang hervortreten.

Die Palaeontologie soll sich aber bewusst bleiben, dass ihre Resultate gewonnen sein müssen durch Beobachtung an den Resten der Vorwelt bei strengster Beachtung des geologischen Alters. Die vermeintlichen Gesetze der Ontogonie und der Biologie dürfen niemand beeinflussen, von diesem Pfade abzuschweifen und in Verallgemeinerungen sein Glück zu suchen, welche nur zur Hälfte geistiges Eigenthum sind und den Prägestempel der biologischen Wissenschaften tragen. Es wird nichts dadurch gefördert, dass wir ihre Gedanken zu illustriren suchen; wo aber die Resultate unserer und ihrer Arbeit zur Deckung kommen, während beide selbständig von verschiedenen Ausgangspunkten sich dem Ziele zubewegt haben, da ist durch Rechnung und Gegenrechnung das Facit gesichert. Nicht ein einziges der an lebendem Materiale, bei der Zergliederung von Thieren und Pflanzen abgelesenen sogen. Gesetze der Entwickelungsgeschichte ist vor dem Vorwurfe des Circulus vitiosus gesichert. Die Biologie bannt die Erkenntuiss in das räumliche Element der Ebene, weil sie sich nicht über die Gegenwart zu erheben vermag, und erst die Palaeontologie eröffnet die richtige Perspective in die Vergangenheit.

Tafel I. Erklärung.

Die Karte ist bestimmt, eine annähernde Vorstellung von dem Aussehen der Erdoberfläche zur Kreidezeit zu gewähren. Da in dieser Periode grosse Veränderungen in der Gestalt und Ausdehnung der Meere sich vollzogen, sind sowohl die Küstenlinien der älteren Kreidezeit (roth), wie die der jüngeren (schwarz) eingetragen. Neumayr's Reconstruction der jurassischen Continente (schwarz schraffirt) ist benutzt, um einen Massstab für die Veränderungen zu geben, welche im Beginn der altcretaceischen Zeit sich vollzogen. Obwohl nach den neuesten Forschungen an dem von Neumayr entworfenen Bilde manches zu ändern wäre, glaubten wir doch von jeder Correctur Abstand nehmen zu sollen. Solche Karten, welche auch ungeheuere Gebiete umfassen, die noch nicht genügend erforscht sind, bedeuten mehr die graphische Darstellung eines Gedankenkreises, als ein Abbild thatsächlicher Verhältnisse. Ehe wir letzteres geben können, wird noch viel Arbeit zu thun sein; es wäre kleinlich, sich schon jetzt in Correcturen solcher Entwürfe zu ergehen.

Vielfach beruht die Reconstruction der alten Küstenlinien auf eigenthümlichen Erscheinungen in der Vertheilung der Versteinerungen. Wir haben versucht, auf die Wanderzüge einiger Gruppen, die besonders hervortreten, in der Weise hinzudeuten, dass wir durch einen Kreis mit ausstrahlenden Pfeilen die vermuthliche Heimath, durch einzelne Pfeile das Ausschwärmen nach anderen Gegenden bezeichnen.


CTISCHER OCEAN
NEARCTISCHER
KONTINENT

Taf. I.

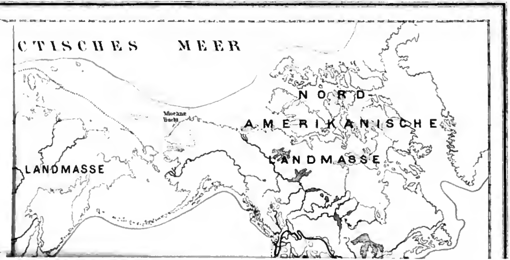


Tafel II. Erklärung.

Diese Karte bringt eine Uebersicht über den Stand der Meere zur älteren Tertiärzeit und über die Ausdehnung der quartären Eiszeit auf der nördlichen Hemisphäre. Zur eocänen Zeit waren die Meere im Allgemeinen weiter ausgedehnt als später; nur einige miocäne Buchten, welche in das alttertiäre Land hineindrangen, sind ausserdem dargestellt. Im Norden Asiens sind auch einige quartäre Meereseinbrüche zu verzeichnen (schwarz punktirt); in derselben Weise ist das Gebiet des quartären abalokaspischen Binnensees gezeichnet. Die Nordküste Sibiriens reichte zur Quartärzeit über die neusibirischen Inseln hinaus.

In Südamerika brach das Tertiärmeer zuweilen in die Flachländer der Pampas ein; für den grösseren Theil der Tertiärzeit müsste hier aber Festland gezeichnet werden. Die Glacialerscheinungen der südlichen Halbkugel sind weggelassen; den grossartigen Vergletscherungen des Nordens gegenüber erscheinen sie nur von localer Bedeutung. Ein antarctisches Festland, auf dessen Vorhandensein palaeontologische und thiergeographische Beobachtungen hinweisen, ist nicht eingetragen (ebensowenig auf Tafel I), weil wir über seinen Umfang nichts Näheres wissen.

Taf. II.


CTISCHES MEER
NORD-
AMERIKANISCHE
LANDMASSE
LANDMASSE
Mocane Bucht

Alphabetisches Sachregister.

Verzeichniss und Erklärung der gebrauchten Fachausdrücke.

Ablation. Verschleppung gelockerter, fester Stoffe durch fliessendes Wasser, Eis oder Wind.
Abrasion. Abnagung durch Wasser, speciell durch die Brandung an sinkenden Küsten.
Abrasionsfläche. Die durch fortschreitende Abrasion bewirkte Umgestaltung eines welligen oder gebirgigen Festlandes zu einer ebenen Fläche.
Absonderung. Die durch Aufhebung des Zusammenhanges (sei es durch Zusammenzug beim Abkühlen oder Austrocknen, sei es durch äussere Einwirkungen) in einem bereits abgelagerten Gestein hervorgebrachten Gestalten.
Abyssische Zone. Die Tiefseegründe.
Adaptation. Anpassung des thierischen Körpers an besondere Lebensbedingungen.
Adern. Die mineralischen Ausfüllungen von Rissen und Spalten der Gesteine.
Adinole. Durch den Contact mit Eruptivmassen (Diabas) umgeänderte Thonschiefer.
Aeolische Bildungen. Anhäufungen erdigen Materiales durch bewegte Luft.
Aequivalente. In der Geologie gleichzeitig gebildete Schichten verschiedener Gegenden, die dabei ihrer Gesteinsbeschaffenheit nach sehr verschieden sein können.
Aera, s. Formation.
Alluvium. Ablagerungen des fliessenden Wassers der Gegenwart.
Analogie. Physiologisch gleichartige Organe (z. B. die Kiemen eines Fisches und eines Krebses) nennt man analog.
Aphanitisch. Gesteine von dichtem Gefüge.
Apophyse. Ausläufer von Gängen, s. d.
Asche, vulcanische. Zu feinem Pulver zerstäubte Lava.
Ausgehendes. Der rechtwinklige oder schräge Querschnitt der Schicht mit der Oberfläche (= Ausstrich). Bei steiler Stellung nennt man das Ausgehende auch Schichtenköpfe.
Bank. Absonderungsform, s. v. w. dicke Platten.
Basische Gesteine. Eruptivgesteine mit relativ wenig Kieselsäure (40—54 Proc.).
Bett, s. Schicht, Niveau.
Bilateral. Bei Thieren, s. v. w. zweiseitig symmetrisch gebaut (z. B. Wirbelthiere).
Bohnerz. Ablagerungen runder Körner unreinen Brauneisenerzes.
Breccie. Trümmer- oder klastisches Gestein (s. d.) aus grossen, eckigen, verkitteten Bruchstücken.
Calderas. Kesselförmige Vertiefungen in vulcanischem Schutt, durch Auswaschung entstanden.
Centralmassive. Die aus krystallinischen Gesteinen bestehenden, im Mittelpunkte der Faltenwölbung eines Faltengebirges befindlichen Kernmassen.
Clivage, s. transversale Schieferung.
Concordanz, s. Schicht.
Cönenchym. Korallenstöcken gemeinsame dichte Kalkmasse, in welche die Einzelkelche gebettet sind.
Cönosark. Gemeinsame Fleischmasse, welche die Individuen der Korallen u. s. w. wie Colonien verbindet.
Concretion. Innerhalb eines neptunischen Gesteines nach seiner Bildung zusammengezogene Mineralmassen.

Conglomerat. Klastisches Gestein (s. d.) aus grossen, rundlichen Bruchstücken.

Contact. Die Berührung eines feuerflüssigen Gesteines während seines Aufdrängens mit schon erstarrten oder Schichtgesteinen. **Contacterscheinungen**, die hierdurch in der Berührungszone entstandenen Umänderungen.

Corrasion. Abtragung von Gesteinen durch Reibung im Wasser suspendirter Theilchen an den Wänden des Wasserzuges.

Decke. Eine mächtige, ausgedehnte Eruptivmasse mit ungefähr horizontaler Auflagerung auf andere Gesteine.

Denudation. Die Entblössung des festen Gesteinsbodens von den gelockerten Bestandtheilen durch die gesammte Thätigkeit der Verwitterung, des atmosphärischen und fliessenden Wassers.

Detritus. Abgeschwemmtes Gesteinsmaterial.

Discordanz, s. Schicht.

Dislocation. Jede Veränderung der ursprünglichen Lage oder des Zusammenhanges eines Gesteines, s. Verwerfung und Faltung.

Ductil. Dehnbar; physikalische Eigenschaft vieler Metalle.

Dynamische Geologie. Die Lehre von den am Aufbau der Erdrinde betheiligten Kräften und ihren Aeusserungen.

Ectoderm. Die äusserste Zellschicht des Körpers.

Effusion. Der Erguss feuerflüssigen Gesteinsmateriales auf die Oberfläche. **Effusivgesteine** sind die an der Oberfläche erstarrten Gesteine im Gegensatz zu den in der Tiefe erstarrten Tiefengesteinen. Auch die **Tuffe** gehören hierher, s. d.

Ejectionen. Ausschleuderungen von Lava, flüssigen oder festen Stoffen aus dem Schlunde der Vulcane.

Epoche, s. Formation.

Erosion. Abnagende und fortführende Thätigkeit des bewegten Wassers und der Luft.

Erstarrungsgesteine, s. massige Gesteine.

Eruptivgesteine. Aus feurigem Schmelzfluss erstarrte Gesteine, welche andere durchbrochen haben.

Etage, s. Formation.

Exhalationen. Aushauchungen gasförmiger Stoffe in vulcanischen Gebieten.

Extratellurisch, s. kosmisch.

Facies. Die von den Umständen der Bildung abhängige Eigenart einer Schicht. Gleichzeitig entstandene Schichten sind oft von sehr verschiedener Facies. Man spricht auch von der Facies der Thierwelt, welche an einer bestimmten Localität lebt (Korallen-, Crinoiden-Facies u. s. w.).

Fallen, s. Schicht.

Faltung. Diejenige Form der Dislocation, durch welche ursprünglich horizontal ausgebreitete Gesteinsmassen in die Form von Falten gebracht werden. Die Höhe einer solchen Falte heisst Scheitel, die Seitentheile die Schenkel. Falten, deren Scheitel gegen das Erdinnere gewendet ist, heissen Mulden oder Synclinalen, solche, deren Scheitel nach oben gerichtet ist, Sättel oder Anticlinalen.

Flexur. Gleichmässige Senkung eines Theiles einer Schicht, welche mit einer Verdünnung und Biegung, aber nicht mit Zerreissung der mittleren Partien, welche den Uebergang zu dem in Ruhe bleibenden Theile vermitteln, verbunden ist.

Flötze. Technisch nutzbare, ausgedehnte Lager (s. d.).

Fluidalstructur. Parallele Anordnung der Mineralien eines Gesteines in Folge der Bewegung des feuerflüssigen Breies vor oder bei der Erstarrung.

Fluviatile Bildungen. Anhäufungen von Schlamm, Sand, Geröllen u. s. w. durch Flüsse.

Formation. In der stratigraphischen Geologie die Bezeichnung für einen grösseren Complex von Schichten, welche durch faunistische und geologische Charactere sich enger unter einander als mit anderen verbunden erweisen (= System). Die Zeit, welche der Bildung einer solchen Formation entspricht, nennt man eine Periode, und wie man die Formationen weiter theilt in Abtheilungen (Stockwerk, Serie), diese wieder in Stufen (Etagen) und Lager oder Zonen, so theilt man die Periode weiter in Epochen und Alter. Mehrere Formationen bilden eine Gruppe (z. B. palaeozoische Gruppe), mehrere Perioden eine Aera oder ein Zeitalter. Diese Terminologie ist aber nur selten consequent durchgeführt.

Fossilien. Ueberreste organischer Körper, die zu Stein geworden oder in Stein eingeschlossen sind. Früher alles, was in der Erde gegraben wurde.

Frittung. Härtung und oberflächliche Schmelzung sedimentärer Gesteine durch Laven oder Feuer.

Fumarole. Ausströmung von Gasen (besonders Wasserdämpfen) aus Erdspalten.

Gang. Ausfüllung einer Spalte durch Eruptivgestein, meist mit parallelen, wenn auch nicht immer ebenen Grenzflächen (Salbändern).

Geoden. Ausfüllungen rundlicher Hohlräume in Gesteinen, also eine Secretion. Oft fälschlich gebraucht für grössere Concretionen in sedimentären Gesteinen.

Geoid. Die ideelle Oberfläche der Erde, von welcher die Meeresfläche ein Theil ist.

Glaciale Erscheinungen, Ablagerungen u. s. w. Stehen mit dem Wesen und der Bewegung der Gletscher oder des Inlandeises in Beziehung.

Hangendes, s. Schicht.

Heterocerkie. Ungleiche Grösse der Schwanzflossen-Lappen bei Fischen. Homocerkie, gleiche Grösse derselben.

Heteropisch. Gleichzeitig gebildete Schichtgesteine, welche entweder nach ihrem petrographischen Verhalten oder nach den eingeschlossenen Resten abweichen, s. Facies.

Homodynamie. Homologe, in der Längsaxe angeordnete Organe (z. B. Wirbel, Gliedmaassen) nennt man homodynam.

Homologie. Morphologisch gleichartige Organe, auch wenn sie verschiedene Functionen ausüben, nennt man homolog.

Homonomie. Homologe, an einer Queraxe des Körpers oder an einem Abschnitte der Längsaxe gelagerte Organe (z. B. die Finger) sind homonom.

Homotax. Auf der gleichen Höhe der Entwickelung befindlich; man spricht von homotaxen Gattungen verschiedener Entwickelungsreihen oder von homotaxen, aber verschieden alten Faunen. In der Geologie zuweilen für gleichzeitig oder äquivalent, ohne Rücksicht auf die Ausbildung und die Fossilien einer Schicht.

Horizont, s. Schicht, Niveau.

Hydrosphäre. Die Region des tropfbar flüssigen Wassers, die zweite der drei Kugelschalen der Erde.

Hypertrophie. Uebermässige Vergrösserung eines Organes, welche der Zweckmässigkeit nicht mehr entspricht.

Injection. In der Geologie die Ausfüllung einer Gesteinsspalte durch feuerflüssiges Magma, welches dann als Injectionsgang die betr. Gesteinsschicht durchsetzt.

Insolation. Der Effect der Sonnenbestrahlung auf Gesteine, Länder u. s. w.

Integument. Gesondertes Hüllorgan des Körpers, entweder eine Zellschicht oder die Abscheidungen einer solchen.

Intracrustal. Innerhalb der festen Erdrinde befindlich.

Intratellurisch. Im Innern der Erde, d. h. unterhalb der verfestigten Erdrinde befindlich.

Intrusion. Eindringen des Magma in Räume, welche es sich selbst durch Auseinandertreiben der Gesteine geschaffen hat.

Juxtaposition. Form der Ablagerung fester Bestandtheile aus bewegtem Wasser, wobei dieselben nicht über einander, sondern neben einander zu liegen kommen.

Kataklysmen. Die grossen Erdumwälzungen, durch welche nach früherer Auffassung die Schöpfungen abgeschnitten wurden.

Klastische Gesteine. Gesteine, welche aus grösseren oder kleineren Bruchstücken präexistirender Gesteine zusammengesetzt sind, meist neptunischer Bildung.

Kosmisch heissen solche Kräfte, welche ausserhalb der Erde ihren Sitz haben, oder solche Erscheinungen, welche durch Einflüsse anderer Gestirne oder der physikalischen Bedingungen des Weltenraumes hervorgerufen werden.

Lager. Durch abweichende petrographische Beschaffenheit ausgezeichnete Schichten eines Schichtsystemes (s. d.).

Lapilli (Rapilli). Aus Vulcanen ausgeworfene kleinere Schlacken-, Bimsstein- oder poröse Lava-Brocken.

Latent-plastisch. Zustand fester Körper, die allseitig über ihre Festigkeit belastet sind. Ist diese Belastung allseitig die gleiche, so verhalten sie sich wie feste Körper; wird sie auf einer Seite noch vermehrt, so verschieben sie sich wie plastische.

Laterit. Verwitterter Gneiss.

Lava. Durch Spalten oder Vulcane an die Erdoberfläche getretenes und hier erstarrendes Magma (s. d.).

Letten. Sandige, rothe oder bunte, nicht plastische Thone.

Liegendes, s. Schicht.

Lignit. Braunkohle aus vorwiegend holzigen Resten (Surturbrand).

Limnische Bildungen. Gesteine, die sich als Absätze des Wassers in Binnenseen gebildet haben.

Litorale Bildungen. Gesteinsabsätze längs der Küsten.

Litorale Fauna. Die Meeresthiere der Küstenregion.

Lunarer Vulcanismus. Die dem Monde eigenthümlichen Formen vulcanischer Thätigkeit.

Mächtigkeit. Abstand der Ober- und Unterfläche einer Schicht.

Magma. Die feuerflüssige oder überhitzte plastische Masse, aus welcher die Erstarrungsgesteine sich bilden, allgemein auch für die auf die Erdrinde folgenden, nicht erstarrten Theile der Erde.

Marine Bildungen. Im Meere entstandene Gesteine.

Marsupium. Bei Beutelthieren ein Hautsack (Duplicatur), welcher die zitzentragende Partie des Bauches umschliesst und von Beutelknochen gestützt wird.

Massige Gesteine. Gesteine ohne Schichtung, welche durch Erstarrung aus feuerflüssigem Material sich gebildet haben.

Metamere. Folgestücke eines segmentirten Körpers.

Metamorphismus. Zerstörung der Eigenart eines Gesteines durch Umstände, welche nach seiner Bildung wirkten. Insbesondere die Umwandelung eines im Wasser abgesetzten geschichteten Gesteines in ein krystallinisches, Erstarrungsgesteinen ähnliches.

Metasomatische Veränderungen. An einem Erstarrungsgestein nach seiner Verfestigung, also nach seiner Individualisirung eingetretene Umwandelungen.

Monoclinale Falte, s. Flexur.

Mutation. Die geologisch auf einander folgenden Glieder einer Formenreihe. Varietät: Gleichzeitige, ein und derselben Schicht angehörende Abänderungen.

Nagelfluh. Conglomerate (s. d.) des Schweizer Tertiärs.

Nebengestein. Das von einem Eruptivgange durchsetzte Gestein.

Neptunische Gesteine. Aus dem Wasser abgesetzte oder ausgeschiedene Gesteine.

Neptunismus. Die Lehre, welche die Bildung der Gesteine und der Erdoberfläche wesentlich auf die Thätigkeit des Wassers zurückführte.

Neutrale Schicht. Jene Tiefe unter der Erdoberfläche, in welcher der Einfluss der Sonnenwärme erlischt.

Niveau. Höhenlage eines Gesteines in der Erdrinde. Bei geschichteten Gesteinen die relative Höhenlage in Bezug auf die ganze Altersfolge, häufig auch so viel wie Schicht, z. B. Niveau des Ammonites Jamesoni etc., wobei von der Gesteinsbeschaffenheit abgesehen wird. In demselben Sinne gebraucht man Horizont, Zone, Bett, Lager u. s. w. (couche, bed).

Ontogenie. Die Entwickelung des Individuums.

Oolith. Aus runden Kügelchen zusammengesetztes Gestein.

Pelagische Ablagerung. Ausserhalb des Küstenbereiches gebildete Meeresablagerungen, z. B. der Globigerinenschlamm.

Periode, s. Formation.

Petrographie. Die Lehre von den Gesteinen in Bezug auf ihre Zusammensetzung, ihr physikalisches und chemisches Verhalten.

Phylogenie. Entwickelung der Thierstämme.

Platten. Absonderungsform der Gesteine.

Profil. Querschnitt durch einen Theil der Erdoberfläche, welcher Aufschluss über die gegenseitige Lagerung der Gesteine giebt. Oft ideal.

Puddinggesteine. Conglomerate mit vorwaltendem krystallinischen Bindemittel.

Reduction. Rückbildung der Organe, wodurch sie auf relativ niedere Stufen gelangen.

Reibungsbreccie. Breccien (s. d.) aus Gesteinen, welche durch Dislocationsbewegungen gewaltsam zerstückelt sind.

Relictenseе. Vom Meere abgetrennte, später ganz ausgesüsste Wasserbecken, in denen Ueberreste der alten Meeresfauna und Flora sich erhalten haben.

Rumpfgebirge. Jetzt eingeebnete oder nur mehr hügelige Gegenden, deren geologischer Aufbau verräth, dass sich hier einst ein Hochgebirge erhob.

Rutschflächen. Polirte und gestriemte Oberfläche der an einer Verwerfungskluft an einander verschobenen Gesteine.

Säculare Hebungen u. s. w. Sehr langsam, fast unmessbar vor sich gehende Veränderungen der Höhenlage eines Landes.

Salband, s. Gang.

Sarcode. Einfache, contractile Eiweisssubstanz der Urthiere oder Protozoen.

Saure Gesteine. Eruptivgesteine mit mindestens 65 Proc. Kieselsäure.

Schicht. Gesteinsmasse von verhältnissmässig geringer Dicke, aber bedeutender horizontaler Ausdehnung, welche oben und unten durch fast parallele Flächen begrenzt ist; Folge der Ausbreitung des Gesteinsmateriales durch das Wasser, der Sedimentirung und zeitweiser Unterbrechung dieses Vorganges, daher auf die im Wasser entstandenen Gesteine beschränkt. Ueber der oberen Schichtfläche befindet sich die hangende, unter der unteren die liegende Schicht oder ein anderes Gestein. Schichten, welche nicht vollkommen horizontal sind, müssen an der Erdoberfläche in einer schmalen Zone, dem Ausgehenden oder Ausstreichenden der Schichtenköpfe sichtbar werden. Die Richtung dieser Linie bezeichnet das Streichen der Schicht, die Neigung der Schichtfläche gegen das Erdinnere ihr Fallen. Schichten von gleichem Fallwinkel liegen concordant oder gleichförmig. Schichten von verschiedenem Fallwinkel discordant oder ungleichförmig auf einander. Schicht bedeutet häufig einen eng begrenzten, wenngleich zuweilen noch in sich geschichteten Gesteinscomplex, der durch bestimmte Versteinerungen vor anderen ausgezeichnet ist, die kleinste stratigraphische Einheit. Im gleichen Sinne häufig Niveau, Horizont, Zone, Bett, Lager (couche, bed), z. B. Schicht oder Zone u. s. w des Ammonites Jamesoni.

Schlieren. Abweichende Partie eines Magma (s. d.).

Schotter, s. v. w. Geröll.

Schratten. Durch Auslaugung entstandene scharfe Furchen auf kalkigen Bergflächen.

Secretion. Ausfüllung eines Hohlraumes in einem Gesteine auf neptunischem Wege.

Sediment. Im Wasser abgesetztes Gestein.

Seifen. Junge bis diluviale Ablagerungen von Gesteinsschutt, in denen nutzbare Metalle oder Edelsteine vorkommen.

Septarie. Thonigkalkige Concretionen, in denen durch Zusammentrocknen Spalten und Klüfte entstanden.

Serie. Eine Reihe im Alter auf einander folgender Schichten.

Spiegel, s. Rutschflächen.

Spratzen. Heftiges Ausstossen von Luft oder Gasen beim Erstarren schmelzflüssiger Körper.

Stockwerk, s. Formation.

Stratigraphie. Zweig der Geologie. Die Lehre von den geschichteten Gesteinen, ihrer Alters- und Ortsfolge, sowie der für sie characteristischen Versteinerungen.

Streichen, s Schicht

Structur. Das durch die Grösse, Form, Lage und Verbindung der Einzelbestandtheile eines Gesteines bedingte Gefüge, s. Textur. (Zuweilen gebraucht für die durch äussere Ursachen bedingte Form der Gesteine im Ganzen, z. B. Schieferung, Säulenbildung.)

Stufe, s. Formation.

Subaërische Gebilde. Niederschläge aus der ruhigen Luft, den Sedimenten des Wassers analog, insbesondere auf gewisse Lehm- und Sandanhäufungen angewendet (s. aeolische Bildungen).

System, s. Formation.

Terrassen. Stufenförmige Abseukungen der Thalwände gegen die Mitte hin (Thalterrassen) oder stufenförmige Absätze oder Abnagungsrinnen an steilen Küsten (Meeresterrassen).

Terrestrische Bildungen. Gesteine, die sich auf dem Festlande ohne Vermittelung des See- oder Flusswassers gebildet haben, s. a. subaërische, aeolische Bildungen.

Textur. Das innere Gefüge der aus Mineralien, Mineralgemengtheilen zusammengesetzten Gesteine.

Transgression. Die im Gefolge einer Verschiebung der Meere eingetretene ungleichförmige Ausbreitung von Sediment über vorher trocken gelegene Districte.

Transversalschieferung. Zerklüftung der Gesteine durch Druck in Blättern, deren Flächen senkrecht zur Druckrichtung stehen und häufig die ursprünglichen Schichtflächen quer durchsetzen.

Tuffe. Anhäufungen der aus den Vulcanen ausgeschleuderten zertrümmerten und zerstäubten Lava, welche durch Wasser oft umgelagert oder verfestigt sind.

Ungleichförmige Lagerung, s. Schicht.

Verwerfung. Verschiebung ursprünglich zusammenhängender Stücke eines Gesteines an einer Spalte. Wirkt Hebung oder Senkung an dieser Spalte, so gerathen die beiden Stücke in verschiedene Höhenlage; wirkt die bewegende Kraft wesentlich horizontal und in der oberflächlichen Spaltenrichtung, so erfolgt eine Verschiebung des Ausgehenden der Schicht.

Viscos. Zähflüssig.

Zone, s. Schicht, Niveau.

Zoogenes Gestein. Aus den Hartgebilden von Thieren entstandene Gesteine.

Berichtigungen und Zusätze.

S. 93, Z. 16 v. o. Die Karte über die muthmassliche Ausdehnung des cambrischen Meeres kam in Fortfall, weil mit Ausnahme Europas und Nordamerikas die cambrischen Schichten der Continente noch zu wenig bekannt sind. Karte I bringt eine Uebersicht über Jura und Kreide-Meere.

S. 106, Z. 14 v. o. Die Tabelle und Karte, auf welche hingewiesen ist, kam in Fortfall.

S. 137, Fig. 35. Lies Syringophyllum statt Springophyllum.

S. 154, Z. 4 v. u. Ohwohl selbst v. Dechen die Bezeichnungen „Eifelkalk" und „Stringocephalenkalk" gleichwerthig gebraucht, bezog sich ursprünglich der Ausdruck „Eifelkalk" nur auf das Niveau Calceola sandalina.

S. 201. Zu der Tabelle: Die Schichten 6—9 sind von nur localer Bedeutung und wahrscheinlich homotax. Die Radowentzer stehen den oberen Ottweiler, die Schwadowitzer den unteren Ottweiler Schichten gleich. Die marine Fauna in Belgien liegt in tieferem Niveau als angegeben.

S. 203, Z. 19 v. u. lies Nevada statt Arizona.

S. 209, Z. 5 v. o. lies permische statt obercarbonische oder unterpermische.

S. 218 zu Z. 18 v. u. ff. Nach Frech fehlt in den Karnischen Alpen das ältere Obercarbon. Die carbonischen Schichten entsprechen den Ottweiler Schichten, sind also älter als die Artinskische Stufe. Der Grödner Sandstein (Verrucano) entspricht dem oberen Theile des Rothliegenden und dem unteren Zechsteine, der Bellerophonkalk dem oberen Zechsteine.

S. 315, Z. 6 v. o. Die Wolgastufe scheint nicht in der directen Fortsetzung des Kimmeridge zu liegen.

S. 315, Z. 3 v. o. lies Stramberger statt Sramberger.

S. 416, Z. 18 v. o. streiche (Fig. 104 und 105).

S. 433, Unterschrift zu Fig. 110 lies Triceratops statt Triceratrops.

S. 439. Irrthümlicher Weise ist als ältester Fundort der Gattung Pyrgulifera das Untersenon von Suderode angegeben. Holzapfel beschreibt sie aber schon aus der Tourtia (Untercenoman) von Aachen, Fritsch aus dem Cenoman von Böhmen. Die Gosauarten sind möglicher Weise zum Theil turon.

Druck von J. B. Hirschfeld in Leipzig.

55